МАССОВАЯ РАДИО БИБЛИОТЕКА

В. Г. КОВАЛЕВ

РАДИОПРИЕМ НА АВТОМОБИЛЕ



МАССОВАЯ
РАДИОБИБЛИОТЕКА

Выпуск 855

В. Г. КОВАЛЕВ

РАДИОПРИЕМ НА АВТОМОБИЛЕ



«ЭНЕРГИЯ»

МОСКВА 1974

6Ф3
К 56
УДК 621.396.62:629.113

Редакционная коллегия:

Берг А. И., Борисов В. Г., Бурдейный Ф. И., Бурлянд В. А., Белкин Б. Г., Ванеев В. И., Геништа Е. Н., Демьянов И. А., Ельяшкевич С. А., Жеребцов И. П., Канаева А. М., Корольков В. Г., Смирнов А. Д., Тарасов Ф. И., Чистяков Н. И., Шамшур В. И.

Ковалев В. Г.

К 56 Радиоприем на автомобиле. М., «Энергия», 1974.
64. с. с ил. (Массовая радиобиблиотека. Вып. 855).

Излагаются особенности радиоприема на автомобиле в различных диапазонах частот, способы борьбы с помехами. Особое внимание уделено повышению качества радиоприема за счет использования частотной модуляции в УКВ диапазоне, повышения помехоустойчивости радиоприемников. Рассматриваются вопросы улучшения качества звучания и использования в автомобиле магнитофона. Отдельный параграф посвящен вопросам миниатюризации и повышению надежности на основе применения интегральных микросхем.

Брошюра рассчитана на широкий круг автолюбителей и конструкторов-радиолюбителей.

К $\frac{30404\text{-}276}{051(01)\text{-}74}$ 299-74 6Ф3

© Издательство «Энергия», 1974 г.

ВЕНЕДИКТ ГРИГОРЬЕВИЧ КОВАЛЕВ

РАДИОПРИЕМ НА АВТОМОБИЛЕ

Редактор В. И. Осипов
Редактор издательства В. А. Абрамов
Художественный редактор Д. И. Чернышев
Технический редактор Н. А. Галанчева
Корректор А. К. Улегова

Сдано в набор 10/XII 1973 г. Подписано к печати 6/V 1974 г.
Т-08443 Формат 84×108 1/32 Бумага типографская № 2
Усл. печ. л. 3,36 Уч.-изд. л. 4,62 Тираж 40 000 экз. Зак. № 1213
Цена 19 коп.

Издательство «Энергия», Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10

Владимирская типография Союзполиграфпрома
при Государственном комитете Совета Министров СССР
по делам издательств, полиграфии и книжной торговли
Гор. Владимир, ул. Победы, д. 18-б.

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы резко возрастает выпуск автомобилей. Сотни тысяч автолюбителей пополнят в ближайшее время армию водителей автомобилей. Появление на дорогах большого количества автотранспорта, способного развивать большие скорости, усложнение условий движения предъявляют особенно высокие требования к водителям и оборудованию, устанавливаемому на автомобилях.

Управление автомобилем требует от человека быстрого решения ряда сложных задач. Ситуации, создающиеся при движении автомобиля, постоянно меняются, и заранее невозможно сказать, что может возникнуть в следующий отрезок времени. Поэтому водитель должен находиться в состоянии напряженного ожидания и готовности к немедленным действиям даже тогда, когда обстановка достаточно спокойная. Работать в таких условиях чрезвычайно сложно, и естественно, что через несколько часов даже у опытных водителей наступает утомление. Утомление ведет к снижению активности умственной деятельности и работоспособности, появлению мелких ошибочных действий. У шоферов в первую очередь утомление сказывается на снижении внимания и быстроты реакции, в результате чего он теряет готовность к экстренным действиям.

Так, многими исследователями установлено, что после 6—9 *ч* работы даже у шоферов-профессионалов при езде за городом наблюдается полудремотное состояние, характеризующееся резким снижежением внимания и увеличением времени реакции. Комиссия психологов центра исследований дорожного транспорта США считает, что так называемый «искусственный сон», «дорожный гипноз» — одна из причин несчастных случаев на автострадах. В таком состоянии, по заключению комиссии, водитель может находиться 10—15 *мин*. По литературным данным, 60% шоферов, сидящих за рулем, уже через 3,5 *ч* кратковременно засыпают. Этому способствуют монотонность обстановки, шумы, вибрации, вредные газы, часто отсутствие других людей. Засыпание наиболее часто наблюдается в ранние утренние часы.

Снижение внимания, когда бы оно ни наступало, ведет к дорожным происшествиям и гибели людей. Поэтому необходимо создавать водителю оптимальные условия для его труда.

На многих фабриках, связанных с монотонным ритмичным производством, для увеличения производительности труда успешно применяются специальные музыкальные передачи. Они снижают утомление, улучшают настроение, повышают производительность труда.

Использование радиоприемника в автомобиле дает возможность изменить монотонный ритм работы, снизить вредное влияние шума, ощутить даже в дальних поездках жизнь страны, быть в курсе текущих событий. При наличии радиоприемника внимание шофера ста-

билизируется, уменьшается утомление, на протяжении всего рабочего дня он находится в состоянии готовности к немедленным действиям.

Следует, однако, оговориться, что не все радиопередачи имеют высокую эффективность Да и нельзя на это рассчитывать, так как большинство радиопередач не предназначается для водителей транспорта. Передача для водителей должна отвечать определенным требованиям. Во-первых, такая радиопередача не должна существенно отвлекать внимание водителя. Во-вторых, она должна нарушать монотонность окружающей обстановки, создавать бодрое, хорошее настроение. В-третьих, она должна передавать необходимую информацию о погоде, состоянии дорог, указаниях ГАИ и т. п. Этим требованиям может удовлетворять только специальная радиопрограмма.

Большое значение для повышения эффективности воздействия радиопередач имеет качество радиоприема и звучания. Поэтому, в частности, сейчас перед радиопромышленностью поставлена задача всемерного повышения качества звучания всех видов бытовой радиоэлектронной аппаратуры. Ведутся разработки новых радиоприемников, магнитофонов, громкоговорителей.

Однако обеспечение высокого качества звучания в автомобиле — очень трудная проблема. Большой уровень шума в кабине автомобиля, высокий уровень помех от системы электрооборудования, ограниченность места для размещения радиоприемника и громкоговорителей создают сложные условия для решения этой задачи.

В данной брошюре рассматриваются некоторые пути решения проблемы повышения качества воспроизведения радиопередач в автомобиле.

Отзывы о книге просим посылать по адресу: 113114, Москва, Шлюзовая набережная, 10, издательство «Энергия», Массовая радиобиблиотека.

Автор заранее благодарит читателей, приславших свои замечания и предложения.

ОСОБЕННОСТИ РАДИОПРИЕМА В РАЗЛИЧНЫХ ДИАПАЗОНАХ ЧАСТОТ. ПОМЕХИ И БОРЬБА С НИМИ

Особенности распространения длинных, средних, коротких и ультракоротких волн. Радиовещательные станции работают в диапазонах частот: 150—408 *кгц* (длинные волны, 735,3—2 000 *м*), 525—1 605 *кгц* (средние волны, 186,9—571,4 *м*); 3,95—12,1 *Мгц* (короткие волны, 24,8—75,5 *м*), 65,8—73,0 *Мгц* (ультракороткие волны, 4,11—4,56 *м*).

Условия распространения радиоволн в этих диапазонах различны и зависят от свойств и состояния атмосферы. Нижняя, наиболее плотная часть атмосферы называется тропосферой. Верхняя граница тропосферы находится на высоте 10—12 *км* над землей. До высоты 60—80 *км* расположена стратосфера. Выше находится ионосфера, имеющая несколько слоев.

Под действием солнечной радиации молекулы газа атмосферы ионизируются, т. е. распадаются на ионы и свободные электроны. Ионизированный газ обладает свойством отражать радиоволны. Степень ионизации атмосферы зависит от интенсивности солнечной активности и изменяется в зависимости от времени суток и года. Днем и в летнее время увеличиваются проводимость и толщина ионизированных слоев. Ночью и в зимнее время ионизация меньше.

В атмосфере происходят также нерегулярные, случайные изменения: магнитные бури, вторжения метеоритных потоков, вызывающих дополнительную ионизацию, и другие явления, влияющие на распространение радиоволн.

Радиоволны, распространяющиеся у земной поверхности и вследствие дифракции частично огибающие выпуклость земного шара, называются поверхностными волнами. Радиоволны, распространяющиеся на большой высоте в атмосфере и возвращающиеся к поверхности земли вследствие отражения от неоднородностей атмосферы, называются пространственными.

Длинные волны распространяются вдоль поверхности земли, огибая земной шар и различные препятствия (горы, здания). При этом часть энергии радиоволн поглощается землей. Для нормальной работы радиоприемников на больших расстояниях необходима большая мощность передатчика (сотни и тысячи киловатт). В этом диапазоне наиболее сильно проявляются атмосферные и индустриальные помехи.

Средние волны в дневные часы сильно поглощаются в ионосфере. Поэтому в дневные часы пространственной волной в СВ диапазоне можно пренебречь. Дальность действия поверхностной волны в значительной степени определяется мощностью передатчика и может достигать 1 000 *км* и более.

Вечером и ночью большую роль начинают играть пространственные волны, обеспечивая удовлетворительный прием мощных СВ передатчиков на расстояниях до 3 000 *км* и более. В ряде случаев в антенну радиоприемника могут попасть одновременно поверхностные и пространственные волны, прошедшие различные пути. Вследствие разности фаз этих волн наблюдается усиление или ослабление волн. Радиоприем становится неустойчивым, уровень сигнала меняется. Это явление называется замиранием сигнала.

Короткие волны сильно поглощаются при распространении поверхностной волной. Но они хорошо отражаются от земли и ионосферы, что используется на практике. Радиоприем на больших расстояниях возможен за счет отражения радиоволн от верхних слоев ионосферы. Дальнее распространение коротких волн иногда происходит путем нескольких последовательных отражений от ионосферы и земли. Ночью, когда ионизация слабее, наиболее короткие волны этого диапазона хуже отражаются от ионосферы, поэтому радиоприем на них лучше всего вести днем. Более длинные волны сильнее поглощаются днем, поэтому этот участок диапазона лучше использовать ночью. На коротких волнах замирания сигнала значительно сильнее, чем на средних волнах.

Ультракороткие волны не отражаются от ионосферы, пронизывают ее и уходят в космическое пространство. Они практически не огибают земную поверхность и крупные препятствия. Хороший радиоприем возможен в пределах прямой видимости. Дальность радиоприема в пределах прямой видимости определяется рельефом местности и высотой передающей и приемной антенн. Практически она составляет 30—70 *км*. Вследствие рассеяния из-за неоднородностей в ионосфере можно иногда получить устойчивый прием мощных радиостанций на расстоянии несколько сотен километров.

Общая характеристика помех. Дальность и качество радиоприема зависят не только от условий распространения радиоволн, но и от действия помех. Электромагнитные волны, излучаемые антенной передатчика, рассеиваются в пространстве, и лишь ничтожная часть их энергии попадает в антенну радиоприемника. Поэтому принятый радиосигнал очень слаб, и его приходится усиливать. Однако слабые сигналы заглушаются и искажаются посторонними высокочастотными колебаниями-помехами.

Для качественного радиоприема, особенно музыкальных передач, требуются относительно широкая полоса пропускания радиоприемника (10—15 *кгц*) и высокое отношение сигнала к помехам. При амплитудной модуляции хорошее качество радиоприема может быть получено при превышении сигнала над помехой примерно в 100 раз. Так как средний уровень радиопомех в городских условиях достигает на длинных и средних волнах 200 *мкв/м* (в сельской местности 20—30 *мкв/м*), то напряженность поля вещательной радиостанции в пределах города должна быть 20 000 *мкв/м*. Такую напряженность поля может создавать радиовещательный передатчик мощностью 400 *квт* на расстояниях около 150 *км* в средневолновом диапазоне и на расстоянии 300 *км* в длинноволновом диапазоне. Таким образом, удовлетворительный прием длинноволновых и средневолновых радиостанций в больших городах возможен только от очень мощных радиостанций и на небольших расстояниях от них. Рассмотрим основные виды помех.

Индустриальные помехи — это электромагнитные излучения импульсного характера, создаваемые различным электрооборудованием

(в частности, электрооборудованием автомобиля) и бытовыми электроприборами. Борьба с этими помехами ведется в местах их возникновения. Обязательность таких мер закреплена в законодательном порядке, однако именно индустриальные помехи оказывают наибольшее влияние на качество приема радиовещания на автомобиле.

Помехи от других радиостанций. Количество радиостанций в настоящее время настолько велико, что они оказывают существенные помехи друг другу. Например, в средневолновом вещательном диапазоне при минимальном частотном разносе по радиочастоте в 9 *кгц* должно работать не более 120 радиостанций. Однако только в западноевропейских странах насчитывается более 700 мощных радиостанций в этом диапазоне.

Побочные излучения радиостанций. Ширина излучаемого спектра радиостанций зависит от характера передаваемых сообщений. Для обеспечения работы большого количества радиостанций она ограничивается определенными нормами. Однако вследствие недостаточных мер по снижению побочных излучений или каких-либо неисправностей в схеме и конструкции передатчика он может быть источником излучений, далеко выходящих за пределы выделенной ему полосы частот. Эти колебания создают помехи радиоприемникам, настроенным на другие радиостанции.

Атмосферные помехи — это электромагнитные волны, возникающие при грозовых разрядах и некоторых других природных явлениях. Проявляются атмосферные помехи в диапазонах средних, длинных и коротких волн.

Внутренние шумы радиоприемника — помехи, возникающие в самом радиоприемнике. Они зависят от типа транзисторов, используемых в радиоприемнике, его схемы и конструкции.

Из перечисленных помех наиболее сильное влияние на качество радиоприема в автомобиле оказывают индустриальные помехи. Они имеют значительную мощность и возникают, как правило, в самом автомобиле. Рассмотрим подробнее характер и причины возникновения индустриальных помех от электрооборудования автомобиля и меры защиты от них. Последнее особенно важно, так как снижение уровня помех — самая эффективная мера для повышения качества радиоприема на автомобиле, тем более, что большинство мер по защите доступно автолюбителям.

Индустриальные помехи. Источниками индустриальных помех являются различные электрические устройства, работа которых сопровождается излучением электромагнитных колебаний высокой частоты, воздействующих на радиоприемник и воспринимаемых в виде мешающего шума.

В большинстве случаев колебания высокой частоты создаются не умышленно, а являются результатом переходных процессов, неизбежно возникающих при замыкании и размыкании цепей. Например, при движении трамваев, троллейбусов, электропоездов из-за нарушения контакта возникает интенсивное искрение, сопровождающееся радиоизлучением в широком диапазоне частот.

В некоторых случаях, например при использовании высокочастотных установок для закалки, высокочастотных медицинских приборов, высокочастотных установок для сушки зерна, древесины и т. п., колебания высокой частоты специально создаются и используются для вполне определенных целей (закалка, физиотерапия, сушка и т. п.). Такие источники создают помехи в узком диапазоне частот, и от них сравнительно легко отстроиться.

Особенно интенсивные помехи возникают от электрических устройств, действие которых основано на создании мощной электрической дуги или искры. К ним относятся дуговая электросварка, электроискровые установки, системы зажигания двигателей внутреннего сгорания и др.

Интенсивность помех от индустриальных источников максимальна в длинноволновом диапазоне и с повышением частоты понижается. Уже на коротких волнах индустриальные помехи становятся мало заметными, а на ультракоротких волнах практически отсутствуют. Причину этого следует искать в значительном понижении интенсивности гармоник с повышением частоты и большим поглощением радиоволн на высоких частотах.

Исключением являются помехи от системы зажигания автомобильных двигателей, интенсивность этих помех достигает своего максимума на ультракоротких волнах. Это связано с малой длительностью импульсов в системе зажигания. Кроме того, в системе зажигания образуется ряд паразитных колебательных контуров, частоты которых лежат в ультракоротковолновом диапазоне. За счет резонансных явлений интенсивность излучений значительно повышается.

Основными источниками помех на автомобиле являются система зажигания, регулятор напряжения и статические заряды, возникающие на корпусе и отдельных узлах автомобиля вследствие выхлопа отработанных газов и трения колес о землю.

Кроме этих основных источников помех, на современном автомобиле имеется ряд вспомогательных приборов постоянного и периодического включения, тоже создающих помехи: это генератор и стартер, термовибрационные датчики температуры воды и давления масла, электрический звуковой сигнал, стеклоочиститель с электроприводом, прикуриватель, вентилятор, переключатель света, реле указателя поворота и др. В момент включения этих приборов и во время их действия возникают помехи радиоприему. Наконец, источником помех являются все плохие электрические контакты.

Для правильного подхода к вопросу подавления помех необходимо иметь четкое представление о работе приборов электрооборудования автомобиля [Л. 16].

Ниже рассмотрим устройство и работу некоторых приборов электрооборудования автомобиля.

Система зажигания. Помехи возникают в цепях как низкого, так и высокого напряжения. Цепь низкого напряжения состоит из аккумуляторной батареи, прерывателя и первичной обмотки индукционной катушки. При размыкании контактов прерывателя ток в первичной обмотке катушки резко падает, скорость спадания тока увеличивается за счет конденсатора, блокирующего контакты прерывателя. При этом во вторичной цепи индуцируется высокое напряжение от 10 до 25 *кв*, которое через распределитель в порядке очередности работы цилиндров двигателя подводится к соответствующим свечам.

При повышении напряжения на вторичной обмотке индукционной катушки в промежутке между электродами происходит ударная ионизация и пробой. Между электродами проскакивает искра, сопровождающаяся характерным треском, ярким свечением. Длительность этой искры очень мала — около микросекунды. Этот первый разряд носит название емкостного, так как он вызывается энергией, запасенной в паразитной емкости вторичной обмотки катушки до пробоя искрового промежутка свечи. В момент пробоя происходит ударное возбуждение паразитных высокочастотных колебаний в контуре, обра-

зованном емкостью и индуктивностью центрального электрода свечи.

После первого пробоя сопротивление искрового промежутка в свече резко падает за счет повышения ионизации и температуры электродов и горючей смеси. Для поддержания тока требуется уже меньшее напряжение. Разряд, следующий после емкостного, может быть дугового типа или состоять из большого количества искр. Часто последующие пробои происходят в различных точках поверхности электродов. Длительность всех этих разрядов — несколько миллисекунд.

На уровень и спектр помех оказывает влияние величина зазора между электродами свечи. При увеличении зазора от 0,3 до 1 *мм* интенсивность помех от системы зажигания уменьшается примерно в 2 раза. Объясняется это тем, что при малом зазоре могут возникать повторные разряды, создающие дополнительные помехи. Очень большое увеличение искрового промежутка приводит к увеличению помех, так как для пробоя такого искрового промежутка требуется большее напряжение.

Таким образом, помеха от системы зажигания автомобильного двигателя представляет собой серию очень мощных, но коротких импульсов, которые создают помехи в широком (до 1 000 *Мгц*) диапазоне частот. Провода высокого напряжения, соединяющие индукционную катушку с распределителем, и распределитель со свечами играют роль антенн, излучающих эти помехи.

Для уменьшения интенсивности помех радиоприему в цепи высокого напряжения включают подавительные резисторы, а провода высокого напряжения и приборы зажигания (индукционную катушку, свечи и прерыватель-распределитель) экранируют. Значительного снижения помех можно добиться сокращением длины проводов высокого напряжения и рациональным размещением приборов зажигания.

Реле-регулятор состоит из трех электромагнитных реле: регулятора напряжения, реле обратного тока и ограничителя максимального тока. Действие регулятора напряжения основано на непрерывном замыкании и размыкании контактов, блокирующих добавочное сопротивление, включенное в цепь обмотки возбуждения генератора. Реле срабатывает 2С—50 раз в секунду, размыкая ток около 1 *а*. При этом создаются довольно интенсивные помехи.

Ограничитель тока и реле обратного тока срабатывают относительно редко, поэтому основным источником помех могут являться генератор и регулятор напряжения, которые работают непрерывно.

Корпус реле-регулятора обычно делается металлическим, что обеспечивает экранировку. В этом случае помехи от реле-регулятора распространяются двумя путями: за счет излучения через провода, соединяющие реле-регулятор с другими приборами, и по цепям питания. Меры борьбы с помехами — установка фильтров низкой частоты, создание надежных контактов, особенно корпуса реле-регулятора с «массой» автомобиля. Хорошим средством подавления помех является замена электромагнитных реле бесконтактными электронными реле-регуляторами. Изготовление их сравнительно несложно и доступно большинству автолюбителей. Схемы некоторых электронных регуляторов, их конструкция, изготовление и регулировка описаны в [Л. 15].

Генераторы постоянного тока тоже создают помехи радиоприему. Причиной возникновения помех является коммутация тока на коллекторе. В момент перехода щетки с одной коллекторной пластины

на другую в цепи возникают нестационарные явления, сопровождающиеся возникновением затухающих колебаний. Искрение на коллекторе повышает интенсивность помех. Генераторы переменного тока подобных помех не создают. Борьба с помехами радиоприему от генератора должна заключаться прежде всего в исправном содержании щеток и коллектора: коллектор должен быть чистым, а щетки хорошо притерты. Кроме того, для подавления помех от генератора применяют электрические фильтры, включаемые в цепь якоря.

Термовибрационные приборы для измерения температуры воды, давления масла состоят из биметаллических пластин с нагревательными обмотками. Время замкнутого или разомкнутого состояния контактов зависит от темпертуры окружающей среды или давления на пластину. Контакты термовибрационных приборов размыкаются с частотой 60—100 прерываний в минуту. Для подавления помех, создаваемых этими приборами, достаточно применить простейшие емкостные фильтры.

Приборы периодического включения. Стартер, звуковой электрический сигнал, переключатель света, стеклоочиститель, вентилятор являются источниками апериодических помех. Наиболее сильные помехи создает электрический стартер, так как при его работе на коллекторе и контактах выключателя коммутируется ток до 500 *а*. Для понижения уровня помех радиоприему необходимо следить за чистотой коллектора и контактов выключателя. Могут также применяться емкостные фильтры. Однако помехи настолько велики, что в большинстве легковых автомобилей при включении стартера предусмотрено выключение радиоприемника.

Для ослабления искрения на контактах звукового сигнала можно применять искрогасительную цепь из конденсатора и резистора. С целью снижения уровня помех, создаваемых другими приборами периодического включения, необходимо следить за исправностью и чистотой контактов.

Электростатические заряды возникают на отдельных узлах автомобиля во время работы двигателя и при движении автомобиля по дороге. Выхлоп отработанных газов приводит к электризации выхлопной трубы и глушителя. В зависимости от температуры газов и скорости их движения могут появляться потенциалы величиной до нескольких сотен вольт. Трение колес о землю вызывает электризацию и появление на ступице колеса, а также кузове электростатических зарядов еще более высоких потенциалов. Так, при движении по пыльной дороге при скорости 100 *км/ч* разность потенциалов между кузовом автомобиля и дорогой может достигать 5 000 *в*. Кузов автомобиля заряжается обычно отрицательными зарядами, дорожное покрытие — положительными.

Наличие статических зарядов на отдельных узлах автомобиля приводит к проскакиванию искр между узлами, находящимися под разными потенциалами и не имеющими между собой надежного контакта (ступица и ось переднего колеса, глушитель и корпус автомобиля и т. п.). Искрение приводит к импульсным помехам, которые прослушиваются на выходе радиоприемника в виде беспорядочных тресков, шорохов, щелчков. Помехи эти являются апериодическими и имеют сплошной спектр в широком диапазоне частот.

Для устранения помех, вызываемых статическими зарядами, необходимо, чтобы все узлы автомобиля находились под одним потенциалом. Это достигается путем устранения всех ненадежных контактов, для чего отдельные части автомобиля соединяют между со-

бой специальными гибкими медными перемычками (металлизация). Так как между корпусом автомобиля и землей даже в этом случае может быть довольно значительная разность потенциалов, то для предотвращения искрения между днищем и дорожным покрытием в автомобилях, перевозящих легковоспламеняющиеся вещества, применяют металлическую цепочку. Она одним концом надежно крепится к корпусу автомобиля, а другим — соприкасается с дорогой. Кроме того, внутреннюю поверхность шин посыпают специальным проводящим порошком. В колпаках колес устанавливают контактные пружины, обеспечивая электрический контакт между осью и колпаком.

Пути воздействия помех на автомобильный радиоприемник и методы их подавления. Помехи, создаваемые системой электрооборудования, могут проникать в радиоприемник различными путями: попадая в антенно-фидерную систему за счет электромагнитного излучения источников помех; через бортовую сеть электропитания радиоприемника, воздействуя через внутренние связи входных элементов радиоприемника с проводами и деталями схемы питания; за счет вводимого непосредственно в антенный контур напряжения, возникающего между корпусом радиоприемника и массой автомобиля под влиянием токов помех, протекающих по цепи сетевой провод — корпус радиоприемника — корпус автомобиля; воздействуя на отдельные элементы радиоприемника посредством магнитной индукции.

Значительное влияние на величину паразитных связей оказывает большая металлическая масса автомобиля. Корпус автомобиля при определенных условиях может служить экраном между радиоприемником и источником помех либо быть вторичным носителем помехи, учитывая ее воздействие на радиоприемник.

Заметим, что в силу указанных факторов защита от помех, создаваемых системой электрооборудования автомобиля, является серьезной проблемой. Это доказывает хотя бы то, что, несмотря на оборудование помехозащищенными устройствами, уровень помех даже от легковых автомобилей очень высокий. На рис. 1 приведена зависимость средней интенсивности помех от частоты для новых ав-

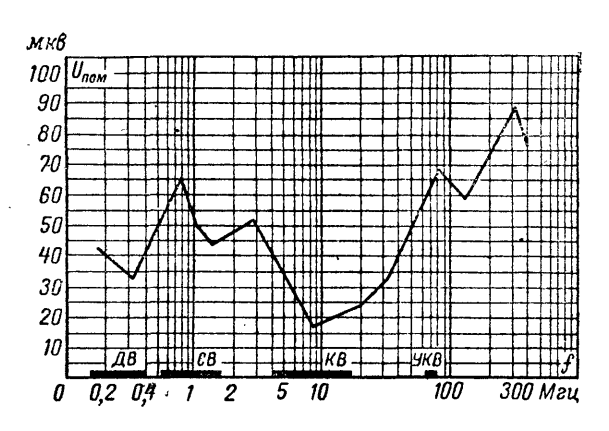


Рис 1. Интенсивность помех от электрооборудования автомобиля «Москвич-408» на различных частотах.

томобилей «Москвич-408». Измерения проводились на антенном входе радиоприемника АТ-64 при максимальных оборотах двигателя. Из графика видно, что средний уровень помехи в длинноволновом и средневолновом диапазонах составляет 40—50 *мкв*, в коротковолновом диапазоне — около 20 *мкв*, в ультракоротковолновом — около 70 *мкв*. Максимальные уровни примерно в 2 раза выше.

Следовательно, уровни помех в диапазонах длинных, средних и коротких волн одного порядка с реальной чувствительностью серийно выпускаемых в настоящее время автомобильных радиоприемников, а в ультракоротковолновом диапазоне уровень помех в десятки раз превышает чувствительность радиоприемника. Это указывает на недостаточно эффективное подавление помех стандартной заводской системой помехозащиты и на важность принятия дополнительных мер.

Борьба с помехами может осуществляться по двум направлениям: путем подавления помех в местах их возникновения и путем ослабления воздействия помех на радиоприемник.

Методы защиты от помех в основном следующие: воздействие на механизм паразитных колебаний в цепях высокого напряжения системы зажигания путем включения подавительных резисторов; рациональный монтаж системы зажигания; тщательное соединение отдельных агрегатов медными гибкими перемычками; включение фильтров в цепи источников помех; экранировка приборов электрооборудования и соединяющих их проводов; удаление радиоприемника от двигателя; подбор для установки антенны места с минимальным уровнем помех; включение в цепи питания радиоприемника высокоэффективных фильтров; тщательная экранировка всего радиоприемника и антенного фидера (ввода).

Подавительные резисторы применяются двух типов: для включения в цепи свечей и для включения в цепь провода высокого напряжения, соединяющего индукционную катушку с распределителем (центральный провод распределителя).

Резисторы первого типа следует включать непосредственно на самих свечах, а резистор центрального провода — как можно ближе к распределителю. Наибольший эффект дают такие конструкции, когда подавительный резистор помещается внутри самой свечи (в разрыве стержня центрального электрода), а резистор центрального провода представляет собой одно целое с центральным угольным контактом распределителя.

Подавительные резисторы должны выдерживать довольно большие импульсные нагрузки и работать в условиях высоких температур. Они могут изготовляться в виде проводов с распределенным сопротивлением и в виде резисторов сосредоточенного типа. Промышленностью выпускаются провода с удельным электрическим сопротивлением от $15 \cdot 10^3$ до $40 \cdot 10^3$ *ом·м*. Такой привод состоит из хлопчатобумажного сердечника в капроновой оплетке. Сердечник и оплетка пропитаны специальным составом, содержащим сажу. Снаружи провод имеет резиновую изоляцию и кембриковую оплетку. Но наибольшее распространение получили сопротивления сосредоточенных типов СЭ-01, СЭ-02, СЭ-12 и СЭ-14. Отличаются они только внешним конструктивным оформлением, так как в основе их лежит объемное сопротивление типа ДСН-10, изготовляемое из очищенного обуглероженного асбеста с бакелитовым лаком.

Стандартная система помехозащиты, устанавливаемая на большинстве автомобилей, обычно состоит из объемных резисторов ти-

па СЭ-12 или СЭ-14. Они устанавливаются у свечей зажигания и снижают уровень помех примерно в 10 раз. При установке подавительных резисторов у каждой свечи и в центральном проводе уровень помех снижается в 30—50 раз. Некоторые конструкции запальных свечей, крышек распределителя выполнены так, что подавительные резисторы запрессованы непосредственно в корпусе свечи или в крышке распределителя.

Сопротивление подавительного резистора 8—12 *ком*. Однако уровень помех можно уменьшить в 150—200 раз, если вместо резистора 10—12 *ком*, включенного рядом со свечой, включить по резистору сопротивлением 5 *ком* на каждом конце высоковольтного провода.

Таким образом, включение подавительных резисторов является достаточно эффективным средством снижения уровня помех. Однако, поскольку высокочастотные помехи попадают в радиоприемник самыми различными путями, общее снижение уровня помех от системы зажигания за счет применения подавительных резисторов составляет примерно 20%.

Включение подавительных резисторов уменьшает общую энергию искры, уничтожает или ослабляет дуговую составляющую разряда. Если в нормальных условиях работы двигателя наличие дуги не обязательно, то при работе двигателя в тяжелых условиях (зимний запуск холодного двигателя, низкие обороты и, следовательно, малая скорость вихревых потоков, переобогащенная смесь при запуске) наличие дуги может оказаться полезным, так как облегчается воспламенение горючей смеси за счет большей тепловой энергии и продолжительности дугового разряда. Следовательно, подавительные резисторы несколько ухудшают работу системы зажигания в тяжелых условиях работы двигателя. Одновременно включение подавительных резисторов уменьшает разрушение электродов свечей и удлиняет срок службы свечей.

Для более глубокого подавления помех кроме подавительных резисторов последовательно в цепь искрового промежутка включают высокочастотный дроссель. Очень эффективны дроссели с ферритовым тороидальным сердечником, надеваемым прямо на провод высокого напряжения. С помощью такого дросселя достигается избирательное подавление помех, особенно в ультракоротковолновом диапазоне. Дроссель с тороидальным ферритовым сердечником с наружным диаметром 15 *мм* и шириной 3 *мм* наматывается проводом ПЭЛ 0,1 и имеет 70—100 витков.

Фильтры. На автомобиле все основные источники помех находятся в моторном отделении под капотом. Высокочастотные и низкочастотные помехи легко распространяются по электрическим проводам и индуцируют в близлежащих металлических предметах и проводах э. д. с. помех; эти предметы и провода становятся вторичными излучателями помех. Поэтому все провода, выходящие из моторного отделения в кабину водителя и к приборам освещения, являются носителями помех. Фильтры не позволяют помехам распространяться за пределы моторного отделения.

Фильтры включают в цепи низкого напряжения системы электрооборудования. Электрические фильтры не должны нарушать работу системы электрооборудования и поэтому должны свободно пропускать постоянный ток, а высокочастотные токи помех задерживать. Такие фильтры носят название фильтров нижних частот. Принцип действия электрических фильтров основан на свойстве конденсаторов и дросселей оказывать различное сопротивление переменным токам различных частот.

Простейшим и наиболее распространенным фильтром является емкостный (рис. 2, *а*). Конденсатор фильтра $C_ф$ подключается параллельно источнику помехи. Для высокочастотных токов помех сопротивление конденсатора мало, и он играет роль шунта, блокирующего источник помехи. Постоянный же ток через конденсатор не проходит.

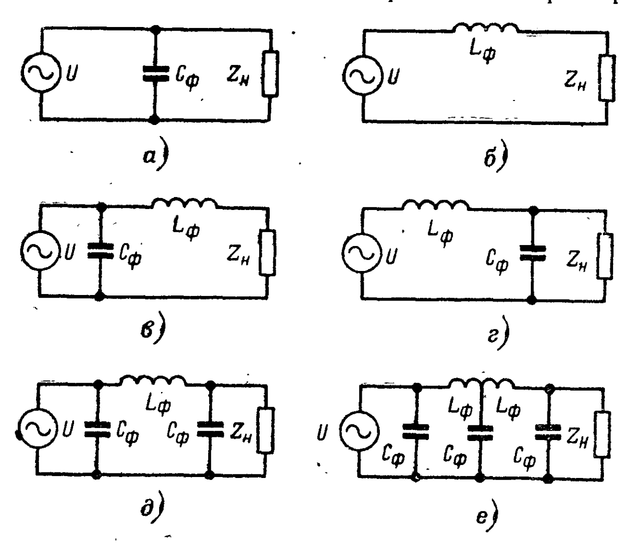


Рис. 2. Фильтры для подавления помех.

а — емкостный; *б* — индуктивный; *в*, *г* — Г-образные; *д* — П-образный; *е* — многозвенный.

В случае, когда внутреннее сопротивление источника помехи и сопротивление нагрузки $Z_н$ малы, более эффективным является применение защиты дросселем, который включается в цепь последовательно с источником помехи и нагрузкой (рис 2, *б*). Для постоянного тока сопротивление дросселя мало и определяется только омическим сопротивлением провода обмотки постоянному току, для высокочастотных помех дроссель представляет большое сопротивление. Включение дросселя снижает величину тока помех в цепи и уменьшает напряжение помехи на нагрузке.

Если при помощи только одной емкости или индуктивности не удается получить необходимое снижение уровня помех, применяют комбинацию из конденсаторов и дросселей (Г-образные и П-образные фильтры). Г-образные фильтры бывают двух типов. Фильтр, начинающийся с емкости (рис. 2, *в*), целесообразно применять тогда, когда внутреннее сопротивление источника помех велико. Если внутреннее сопротивление источника помех мало, более эффективен Г-образный фильтр, начинающийся с индуктивности (рис. 2, *г*).

При большой величине сопротивления нагрузки Г-образный фильтр, начинающийся с емкости, становится недостаточно эффективным, и в этом случае нагрузку блокируют вторым конденсатором (рис. 2, *д*). В результате получается П-образный фильтр. Это самый

эффективный из простейших однозвенных фильтров. Фильтр хорошо работает при различных внутренних сопротивлениях источника помех и нагрузки. Иногда для еще большего подавления помех применяют многозвенные фильтры (рис. 2, *е*).

Своеобразным фильтром нижних частот является реактивный кабель типа В-420 фирмы «Бужекорд». Он представляет собой высокочастотный дроссель с распределенной индуктивностью. Кабель используется для соединения автомобильной антенны со входом радиоприемника. По сравнению с обычным стандартным кабель В-420 уменьшает уровень индустриальных помех на входе радиоприемника примерно в 20 раз в диапазонах длинных, средних и коротких волн и в 2—5 раз в диапазоне ультракоротких волн. Однако при использовании реактивного кабеля следует ожидать уменьшения эффективности действия системы ограничения по подавлению импульсных помех в радиоприемнике частотно-модулированных сигналов, так как длительность импульсных помех будет несколько увеличиваться.

Положительные результаты можно ожидать от применения так называемых «кабелей задержки», например РС-400-7-12, имеющих, помимо центральной жилы и экрана, спираль, образующую высокочастотный дроссель, который создает повышенное затухание частотам выше 100 *Мгц*.

При защите радиоприемника от помех с помощью фильтров следует обратить внимание на два обстоятельства. За счет индуктивного или емкостного характера внутреннего сопротивления источника помех, а также нагрузки при использовании фильтров могут появиться паразитные резонансы. Это может свести на нет защитные свойства фильтра, а также привести к возникновению паразитных колебаний в отдельных каскадах радиоприемника. Следует стремиться вывести эти возможные резонансы за пределы защищаемого диапазона частот. Выводить резонансы следует в области, лежащие ниже самой низкой частоты защищаемого диапазона. В этом плане фильтры, начинающиеся с емкости, лучше.

Вторая особенность заключается в том, что обычные конденсаторы, применяемые в сглаживающих фильтрах, для подавления высокочастотных помех в диапазоне УКВ не пригодны.

Для защиты от помех в УКВ диапазоне должны применяться специальные, так называемые проходные конденсаторы. Промышленность выпускает проходные конденсаторы различного конструктивного оформления. Лучшими для использования в автомобилях следует считать проходные концентрические конденсаторы с винтовым креплением. Они обладают минимальной паразитной индуктивностью и высокой механической прочностью.

Металлизация — это надежное электрическое соединение металлических частей автомобиля между собой для выравнивания потенциалов отдельных узлов автомобиля. Она значительно снижает помехи за счет электростатических зарядов корпуса и узлов автомобиля.

В качестве перемычек применяются гибкий провод марки АМГ, сплетенный из тонких медных проволочек; «плетенка» из медной луженой проволоки, обычно применяемой для экранировки проводов; так называемый щеточный провод, отличающийся особой гибкостью. На перемычках, изготовляемых из проводов и плетенки, на обоих концах делаются наконечники из листовой латуни. Наконечники тщательно припаиваются и залуживаются.

Длина перемычек должна быть минимальной, так как длинные перемычки сами являются излучателями помех. Контакт между пе-

ремычками и узлами, а также между перемычками и кузовом или рамой автомобиля должен иметь малое переходное сопротивление, быть устойчивым и не изменяться под влиянием окружающих условий.

Должны металлизироваться: двигатель (в нескольких местах), радиатор, крышки капота и багажника, выхлопная труба и глушитель (в двух-трех местах), трубопроводы, рулевая колонка, бензобак, передний и задний мосты. Особое внимание следует обратить на обеспечение хорошего контакта корпуса радиоприемника с корпусом автомобиля. Оптимальная схема металлизации определяется экспериментальным путем.

Проверка системы защиты. При отсутствии специального прибора (измерителя помех) для проверки работы системы защиты от помех может быть использован радиоприемник, установленный на автомобиле. Проверку следует производить только при условии слабых атмосферных помех и отсутствии индустриальных помех. Наилучшим местом для испытаний является малопроезжий участок дороги вдали от промышленных предприятий и электрифицированной железной дороги.

При проверке защитной системы предварительно прослушивается работа радиоприемника при неработающем двигателе; затем прослушивается работа радиоприемника при работающем двигателе на месте и в движении на различных скоростях. При прослушивании помех радиоприемник не следует настраивать на какую-либо работающую радиостанцию, так как работа станции будет «маскировать» помехи. Проверку следует делать в нескольких точках каждого диапазона радиоприемника. Для более объективного сравнения уровня помех при различных режимах работы на выход радиоприемника (параллельно громкоговорителю) полезно включить вольтметр переменного тока или специальный «измеритель выхода» типа ИВ.

Если уровень помех при работающем двигателе значительный, следует прежде всего определить, каким путем проникают помехи в радиоприемник: через антенну и антенный кабель или по цепям питания. Для этого от радиоприемника отключается антенный кабель и антенный вход радиоприемника замыкается на массу с помощью короткого проводника. Если уровень помех изменится мало, значит, помехи проникают в радиоприемник по цепям питания. В этом случае следует тщательно проверить фильтры в цепях питания радиоприемника и в случае необходимости установить дополнительные.

Если уровень помех при замыкании входа радиоприемника на массу уменьшается, то следует тщательно проверить исправность приборов электрооборудования и всей системы защиты.

Если при движении автомобиля уровень помех возрастает, то причиной может быть наличие плохих контактов в системе электрооборудования и металлизации или наличие периодических контактов между деталями, не соединенными перемычками.

В том случае, когда после проверки электрических контактов на приборах электрооборудования и перемычках помехи не устраняются, следует выяснить, что создает помехи: генератор или система зажигания. Для этого разгоняют автомобиль по ровной дороге или под уклон и на скорости 40—50 *км/ч* выключают зажигание. Если помехи пропадают, значит, источником помех является система зажигания. Если помехи не пропадают, значит, их создает генератор или реле-регулятор.

Помехи от системы зажигания могут быть вызваны обгоранием, коррозией и загрязнением контактов прерывателя и распределителя;

плохими контактами в цепи низкого и высокого напряжений (на индукционной катушке, распределителе, подавительных резисторах, в замке зажигания); неисправностью подавительных резисторов; загрязнением свечей.

Производится подтяжка всех винтовых соединений. Контакты прерывателя и распределителя, а также поверхность распределителя, высоковольтных проводов, подавительных резисторов, свечей протираются спиртом. Обгоревшие контакты прерывателя и распределителя зачищаются бархатным надфилем. Неисправные подавительные резисторы заменяются. Свечи промываются и аккуратно зачищаются.

Для того чтобы окончательно убедиться, что помехи создает цепь генератор — реле-регулятор, необходимо отключить генератор, для чего достаточно снять провод с зажима *Я* реле-регулятора. Если при этом помехи исчезают (двигатель должен работать), то причину помех следует искать в этой цепи.

Помехи от генератора могут быть вызваны загрязнением или обгоранием коллектора, плохим контактом щеток. Загрязненный коллектор промывается и зачищается стеклянной бумагой № 00. Щетки тоже притираются к коллектору с помощью стеклянной бумаги, устраняются заедания в держателе щеток. Неисправные пружины или сносившиеся щетки заменяются. Обгоревший коллектор протачивается на токарном станке, а затем шлифуется стеклянной бумагой.

Помехи от реле-регулятора могут быть вызваны неисправностью, загрязнением или обгоранием контактов регулятора напряжения и реле обратного тока; плохими контактами на зажимах или обрывом в проводах, идущих к клеммам *Я* и *Б*; плохим контактом между корпусом и массой автомобиля. Неисправный реле-регулятор следует заменить новым.

Если при постоянных оборотах двигателя помеха имеет периодический характер, то причиной ее является какой-то один прибор. Если же помеха имеет беспорядочный характер, то очевидно, что источников помех несколько.

Для более значительного снижения уровня помех может быть применено экранирование проводов и основных приборов электрооборудования автомобиля. Однако это сложное и трудоемкое мероприятие и, как правило, недоступное для автолюбителей.

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА РАДИОПРИЕМА ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЧАСТОТНОЙ МОДУЛЯЦИИ В УКВ ДИАПАЗОНЕ

Преимущества частотной модуляции. Частотная модуляция находит все большее распространение, несмотря на ряд значительных трудностей, которые необходимо преодолеть при создании сети вещательных радиостанций в УКВ диапазоне, при проектировании и разработке радиоприемников на транзисторах в этом диапазоне. Однако уже в ближайшие годы все перспективные автомобильные радиоприемники будут выпускаться с УКВ диапазоном.

Радиоприемники частотно-модулированных сигналов имеют в основном такие же каскады, как и радиоприемники амплитудно-модулированных сигналов (рис. 3). Принципиальное отличие заключается в том, что вместо амплитудного детектора радиоприемник частотно-модулированных сигналов имеет частотный детектор, преобразующий

модулированное но частоте высокочастотное напряжение в напряжение низкой частоты, воспроизводящее закон модуляции.

Перед частотным детектором стоит амплитудный ограничитель для устранения паразитной амплитудной модуляции. Возможность подавления паразитной амплитудной модуляции, возникающей главным образом под действием помех, является основной причиной по-

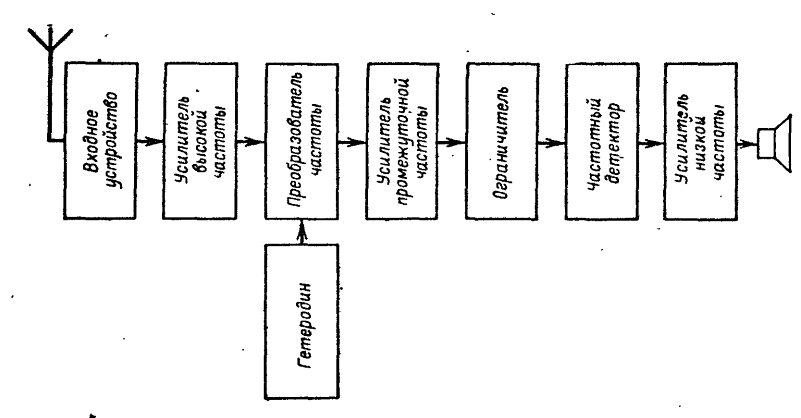


Рис. 3. Структурная схема радиоприемника частотно-модулированных сигналов.

вышенной помехоустойчивости радиоприемников частотно-модулированных сигналов.

Применение частотной модуляции дает целый ряд преимуществ по сравнению с амплитудной модуляцией, применяемой для вещания в ДВ, СВ и КВ диапазонах.

Использование частотной модуляции повышает помехоустойчивость радиоприема. Выше было выяснено, что при радиоприеме на автомобиле наибольшую интенсивность имеют импульсные помехи. Отношение сигнала и импульсной помехи на выходе частотного детектора по сравнению с тем же отношением на входе ограничителя увеличивается в $4\Delta f/F$ раз. Если девиация частоты $\Delta f = 50$ *кгц*, максимальная частота спектра передачи $F = 10$ *кгц*, то отношение сигнал/помеха увеличивается в 20 раз. В этом случае использование частотной модуляции дает такой же эффект, как и увеличение мощности передатчика в 800 раз. Правда, эти соотношения справедливы в том случае, когда сигнал значительно превосходит уровень помехи. При отношении сигнал/шум меньше двух выигрыш сводится на нет.

Для повышения отношения сигнал/помеха необходимо увеличивать девиацию частоты передатчика Δf, но чем больше Δf, тем шире спектр частот, занимаемых передачей, и тем шире должна быть полоса пропускания радиоприемника. Поэтому преимущества частотной модуляции могут быть успешно реализованы в тех случаях, когда можно занять широкий спектр частот — порядка 150—200 *кгц*. Это возможно только в диапазоне УКВ.

При частотной модуляции лучше используется мощность передатчика, так как мощность передаваемого сигнала остается неизменной в течение всего процесса модуляции. При амплитудной модуляции мощность передаваемого сигнала резко меняется, и от передатчика

требуется обеспечить значительно большую максимальную мощность, чем средняя мощность излучения. В то же время при малой мощности излучения ухудшается отношение сигнал/помеха. Все это существенно ограничивает динамический диапазон передаваемых сигналов при амплитудной модуляции. При частотной модуляции динамический диапазон может быть значительно выше, благодаря чему улучшается этот важный качественный показатель передачи.

Благодаря высокой помехоустойчивости и возможности занять более широкую полосу частот при частотной модуляции удается расширить спектр передаваемых частот до 10—15 *кгц*, в то время как при амплитудной модуляции передается спектр 4—7 *кгц*. Это очень важно для качественного воспроизведения музыкальных передач.

При более широком передаваемом спектре получается более значительный выигрыш за счет использования метода предварительной коррекции. Мощность верхних звуковых частот в спектре речи и музыки значительно меньше, чем мощность нижних частот. Для повышения помехоустойчивости в области верхних частот производятся искусственный подъем высоких модулирующих частот в передатчике и соответствующее их уменьшение в радиоприемнике. Одновременно с ослаблением в радиоприемнике колебаний этого участка частот сигнала во столько же раз понижается и уровень помех в области верхних звуковых частот, где их интенсивность максимальна. Таким образом, действие помех заметно ослабляется, тогда как для сигнала результирующий спектр воспроизводимых частот оказывается нормальным. Метод предварительной коррекции позволяет увеличить отношение сигнал/помеха на выходе радиоприемника примерно на 12 *дб* ($F=10$ *кгц*), тогда как при амплитудной модуляции выигрыш составляет около 4 *дб* ($F=5$ *кгц*).

Радиовещание на УКВ ведется с применением широкополосной частотной модуляции. Это возможно по двум причинам.

Большая ширина этого диапазона позволяет разместить в нем значительное число передатчиков при большем интервале между их несущими частотами. Если в диапазоне длинных и средних волн для работы радиостанции отводится область частот шириной около 10 *кгц*, то на ультракоротких волнах для работы передатчика с широкополосной частотной модуляцией без затруднения удается отвести полосу частот шириной 150—200 *кгц*.

На УКВ сигналы передатчиков распространяются только в пределах прямой видимости. Поэтому в данном месте можно принимать сигналы очень немногих передатчиков, что значительно уменьшает взаимные помехи.

Особенности радиоприема УКВ ЧМ станций в автомобиле. Главной особенностью работы УКВ ЧМ радиоприемника на автомобиле является очень высокий уровень помех от системы электрооборудования автомобиля. Широкополосная частотная модуляция позволяет обеспечить высокое качество радиоприема только при значительном превышении уровня сигнала над помехами. Отсюда следует, что необходимо принять все меры для снижения уровня помех собственного автомобиля. Если не принять дополнительных мер защиты, качественный прием будет только на расстоянии 40—50 *км* от радиостанции. Правда, так как антенны УКВ ЧМ станций совмещаются с передающими телевизионными антеннами и располагаются в центре города, то указанные расстояния удовлетворяют большинство автолюбителей, совершающих значительную часть поездок в черте города.

Другой особенностью радиоприема в движущемся автомобиле является то, что напряженность поля сигнала очень резко меняется, причем изменение уровня поля носит хаотический характер.

Наибольшие уровни сигнала наблюдаются при нахождении автомобиля вблизи передающей антенны и достигают 50—100 *мв*. Однако, если антенна закрывается зданием, уровень сигнала может упасть до единиц микровольт. Вне городской черты перепады уровня сигнала меньше.

Таким образом, одновременное сочетание двух весьма неблагоприятных факторов, имеющих место при радиоприеме УКВ ЧМ станций в движущемся автомобиле, в ряде случаев не позволяет реализовать потенциальные возможности частотной модуляции. Кроме того, эти особенности радиоприема и условия эксплуатации требуют принятия специальных мер по повышению помехоустойчивости при проектировании автомобильных радиоприемников.

Способы повышения помехоустойчивости. Обеспечение высококачественного приема УКВ ЧМ вещания при резких перепадах напряжения входного сигнала в основном зависит от эффективности работы системы ограничения и стабильности частоты гетеродина в этих условиях.

Решение задачи сохранения устойчивости радиоприема при падении уровня входного сигнала до единиц микровольт связано с чувствительностью радиоприемника и распределением усиления по тракту радиоприемника. Очевидно, что реальная чувствительность тракта ЧМ автомобильного радиоприемника должна быть примерно 2—3 *мкв*. Так как получить большой коэффициент усиления на транзисторах при частотах порядка 100 *Мгц* очень сложно, то высокая чувствительность обеспечивается за счет повышения усиления в усилителе низкой частоты. Однако в этом случае ограничение наступает при входных сигналах, значительно превышающих чувствительность. В этом случае в движущемся автомобиле при падении уровня сигнала ниже порога ограничения будут наблюдаться колебания уровня звука.

Следовательно, нечувствительность радиоприемника частотно-модулированных сигналов к перепадам напряженности поля может обеспечиваться только необходимым коэффициентом усиления в трактах высокой и промежуточной частоты. Коэффициент усиления в этих трактах должен быть таким, чтобы ограничение наступало уже при входных сигналах примерно 5 *мкв*. Однако в этом случае при больших сигналах (выше 1 *мв*) наступает перегрузка тракта высокой частоты и возникают новые проблемы.

Длительность импульсов помех от системы электрооборудования автомобиля очень мала. Импульсы имеют крутые фронты и занимают очень широкий спектр частот. Следовательно, для лучшего подавления импульсной помехи тракт радиоприемника до ограничителя должен иметь широкую полосу пропускания. В противном случае импульсная помеха хотя и уменьшается по амплитуде, но значительно увеличивается по длительности, и ее воздействие на полезный сигнал сохраняется. В существующих радиоприемниках ограничение достигается на выходе сравнительно узкополосного тракта промежуточной частоты, что является недостатком с точки зрения защиты от импульсных помех. С точки зрения оптимальной схемы построения тракта радиоприемника при воздействии импульсных помех желательно, чтобы ограничение наступало уже в тракте высокой частоты.

Кроме величины порога ограничения, большое значение имеет

качество ограничения. Неполное подавление паразитной амплитудной модуляции в тракте ЧМ радиоприемника приводит к нелинейным искажениям сигнала и к увеличению уровня шумов на выходе. Так, при подавлении паразитной амплитудной модуляции на 14—16 *дб* (5—6 раз), что соответствует норме подавления в выпускаемых в настоящее время УКВ радиоприемниках 1—2-го классов, увеличение шумов на выходе за счет этого фактора в полосе воспроизводимых частот до 5 *кгц* достигает 11—12 *дб*.

Для практической ликвидации шумов за счет паразитной амплитудной модуляции нужно иметь ее подавление в радиоприемнике примерно 25 *дб* при измерениях в широкой полосе 15 *кгц* и примерно 32 *дб* при измерениях в узкой полосе 5 *кгц*. Тщательная отработка схем подавления паразитной амплитудной модуляции позволит увеличить реальную чувствительность автомобильных радиоприемников УКВ диапазона, снизить нелинейные искажения принимаемого сигнала, уменьшить уровень слышимых шумов, что в целом позволит повысить качество звучания радиоприемника.

Следует обратить внимание еще на одну особенность автомобильного УКВ ЧМ радиоприемника. Нормы подавления амплитудной модуляции заданы и измеряются при частоте модуляции 1000 *гц*. Однако при движении автомобиля паразитная амплитудная модуляция в основном обусловлена колебаниями уровня сигнала, которые зависят от скорости движения автомобиля, рельефа местности, расположения зданий и других факторов. Наиболее сильные перепады происходят с частотами 0,1—10 *гц*. Следовательно, и работу системы ограничения следует проверять при таких же частотах модуляции.

Еще одним последствием резких перепадов входных сигналов в автомобильном радиоприемнике является появление паразитной частотной модуляции частоты гетеродина. В транзисторных схемах преобразователей частоты существует значительное влияние режима работы смесителя на частоту гетеродина. Так, в обычных схемах УКВ блоков, использующихся в стационарных радиоприемниках, при перепадах напряжений входного сигнала 100 *мв* частота гетеродина изменяется до 1 *Мгц*, а иногда вообще колебания гетеродина срываются. Так как величина напряжения входного сигнала при движении автомобиля непрерывно изменяется даже в зонах с высокой напряженностью поля, колебания частоты гетеродина при перепадах напряжения сигнала значительно снижают качество радиоприема.

Ослабление влияния максимальных уровней входного сигнала на частоту гетеродина может быть получено введением диодных ограничителей на выходе УВЧ, ограничивающих максимальную величину сигнала, поступающего на вход гетеродинного преобразователя. В этом случае расстройка гетеродина уменьшится до 100—150 *кгц*. Однако эта величина не может считаться допустимой.

Наиболее приемлемым решением для УКВ ЧМ автомобильного радиоприемника является использование преобразователя с отдельным гетеродином и слабой связью цепей сигнала и гетеродина. Для этого напряжение сигнала подается в цепь базы транзистора смесителя, напряжение гетеродина — в цепь эмиттера. Связь между контуром гетеродина и смесителя выбирается возможно меньшей. Это обстоятельство имеет важное значение для обеспечения максимальной величины расстройки при изменениях входного сигнала. В качестве дополнительных средств для решения этой задачи целесообразно использовать ограничительный диод в коллекторной цепи УВЧ и эффективную систему автоматической подстройки частоты.

Для обеспечения устойчивого и качественного радиоприема УКВ ЧМ станций уход частоты гетеродина автомобильного радиоприемника в большом динамическом диапазоне уровней сигнала не должен превышать 20 *кгц*.

Паразитная частотная модуляция гетеродина может возникать и под влиянием помех. Это существенно снижает помехоустойчивость радиоприема, особенно при входных сигналах менее 0,5—1 *мв*, когда еще не реализуются помехозащитные свойства частотной модуляции. Помеха напряжением 100—150 *мкв* вызывает девиацию частоты гетеродина 10—20 *кгц*. Этот эффект вызывается, видимо, в усилительных и преобразовательном каскадах радиоприемника, так как тракт промежуточной частоты не ухудшает отношения сигнал/помеха, существующее на его входе. При отсутствии напряжения несущей частоты напряжение помех на выходе радиоприемника также отсутствует.

Включение автоматической подстройки частоты устраняет постоянный или медленный уход частоты, но паразитная частотная модуляция не устраняется, так как она происходит с частотой выше 100 *гц*. Автоподстройка не может, да и не должна компенсировать динамическое изменение частоты, имеющее место при частотной модуляции гетеродина при воздействии помех, так как иначе она будет уменьшать девиацию частоты полезного сигнала.

Наилучшее подавление паразитной частотной модуляции напряжения гетеродина, возникающей при воздействии импульсных помех, обеспечивают меры, повышающие стабильность частоты гетеродина при воздействии меняющихся по уровню сигналов. Если без системы автоматической подстройки частоты при значительных колебаниях уровня входного сигнала уход частоты гетеродина не превышает 15 *кгц*, то при сигналах менее 1 *мв* выигрыш в помехозащищенности составляет 6—10 *дб* по сравнению с аналогичным радиоприемником, у которого уход частоты гетеродина составляет 50—100 *кгц*. Если стабильность частоты гетеродина еще выше, например применен гетеродин, стабилизированный кварцем, то выигрыш составит примерно 20 *дб*.

Кроме высокой стабильности частоты, к гетеродину автомобильного радиоприемника предъявляются требования отсутствия скачков частоты и паразитной частотной модуляции при воздействии ударов, механических вибраций, акустических колебаний, пульсаций питающего напряжения.

Существуют и другие методы повышения помехоустойчивости УКВ ЧМ радиоприемников.

Запирание тракта радиоприемника при появлении импульсной помехи. Принципиально это возможно, так как ухо не улавливает кратковременных перерывов звучания радиоприемника. Однако часто помехи от системы зажигания автомобиля излучаются в виде серий импульсов. Длительность одиночного импульса около 1 *мксек*, но за счет колебательного процесса в системе зажигания число таких импульсов может быть несколько тысяч. Длительность такой серии импульсов может достигать 8 *мсек*. Если даже подавительными резисторами колебательный процесс будет срываться и воспламенение горючей смеси будет происходить за счет первой искры, то и тогда частота следования этих искр тоже достаточно высока. В зависимости от частоты вращения двигателя и количества цилиндров она может достигать 150—200 *гц*. Запирание тракта радиоприемников с такой частотой может ухудшить качество звучания.

Использование «следящего фильтра». В этом случае напряжение звуковой частоты с выхода частотного детектора подается на реактивный элемент, который изменяет резонансную частоту узкополосных контуров тракта промежуточной частоты. Фильтр промежуточной частоты радиоприемника непрерывно подстраивается в резонанс с изменяющейся в процессе модуляции частотой сигнала, как бы следя за его частотой.

Такой «следящий фильтр» может иметь полосу пропускания, значительно меньшую, чем фильтр промежуточной частоты обычного радиоприемника частотно-модулированных сигналов. При практически достижимой точности слежения и неискаженном усилении сигналов полоса пропускания следящего фильтра может быть приблизительно сужена до величины удвоенного значения максимальной модулирующей частоты F. Если полоса пропускания усилителя промежуточной частоты радиоприемника частотно-модулированных сигналов приблизительно равна утроенной девиации частоты Δf, то относительное уменьшение полосы пропускания составит примерно $1{,}5\Delta f/F$. Так как при широкополосной модуляции величину $\Delta f/F$ обычно выбирают около 5, то в этом случае отношение сигнал/помеха увеличится примерно на 17 *дб* при импульсных помехах и на 8 *дб* при флюктуационных помехах.

Обратная связь по частоте. Если реактивный элемент будет изменять не резонансную частоту фильтра промежуточной частоты, а частоту гетеродина радиоприемника, то будет иметь место обратная связь по частоте. Девиация частоты сигнала в тракте промежуточной частоты радиоприемника окажется меньше девиации входного сигнала. Это обстоятельство позволяет существенно сузить полосу пропускания усилителя промежуточной частоты и одновременно повысить помехоустойчивость радиоприемника. Уменьшение сигнала низкой частоты на выходе частотного детектора за счет уменьшения девиации частоты может быть компенсировано большим усилением в тракте низкой частоты. Выигрыш в помехоустойчивости получается таким же, как и в предыдущем случае.

При комбинированном использовании ограничения в тракте высокой частоты и одного из двух последних методов в тракте промежуточной частоты подавление помех будет наиболее эффективным.

Применение полевых малошумящих транзисторов. В этом случае за счет снижения внутренних шумов как высокочастотного, так и низкочастотного трактов увеличиваются отношение сигнал/шум и реальная чувствительность радиоприемника.

Полевые транзисторы имеют почти квадратичную передаточную характеристику, что позволяет обеспечить более высокую помехоустойчивость радиоприемника при воздействии сильных мешающих радиостанций на входе. Кроме того, полевые транзисторы имеют большое входное сопротивление, что позволяет осуществлять полное подключение антенны к базе транзистора, сократить количество каскадов.

Представляется целесообразным усилитель высокой частоты и смеситель УКВ ЧМ радиоприемника построить на полевых транзисторах, остальные тракты — на биполярных или обычных транзисторах.

Исключение побочных каналов радиоприема. Кроме обычных мер по повышению избирательности трактов радиоприема, большое значение в диапазоне УКВ играет точность настройки на станцию. Для автомобильных радиоприемников особое значение имеет введение автоматической подстройки частоты при использовании трех-четырех

клавиш фиксированных частот радиоприема. Это создает для водителя дополнительные удобства и требует от него минимума внимания.

Практическое внедрение АПЧ и даже электронной настройки на УКВ облегчается появлением варикапов с большим коэффициентом перекрытия по емкости. Следует, однако, иметь в виду, что при большом уровне помех система АПЧ работает, как правило, неудовлетворительно и ее необходимо выключать, что и предусматривается в большинстве УКВ радиоприемников.

Применение антенн с горизонтальной поляризацией. Как известно, радиоволны, распространяющиеся в пространстве, представляют собой совокупность электрического и магнитного полей, изменяющихся с очень большой частотой. Направления векторов электрического и магнитного полей взаимно перпендикулярны. Антенны, реагирующие на электрическую составляющую поля, называются электрическими; антенны, воспринимающие магнитную составляющую поля, — магнитными. Характерным примером электрической антенны является вертикальная штыревая антенна, широко применяющаяся на автомобилях. Примером антенны магнитного поля может служить обычная рамочная антенна, представляющая собой катушку индуктивности, содержащую определенное число витков провода, намотанного на изолированный каркас. Другим примером могут служить ферритовые антенны, широко применяющиеся в переносных радиоприемниках.

Передающие антенны УКВ ЧМ вещательных радиостанций излучают горизонтально поляризованный сигнал. Измерения показывают, что в реальном поле горизонтальная составляющая в несколько раз превышает вертикальную, причем в зонах с низкой напряженностью поля на значительных расстояниях от передатчика разница в уровнях достигает 10 раз и более. Штырь, применяющийся в автомобильных радиоприемниках, обладает круговой диаграммой направленности в горизонтальной плоскости, но имеет наилучшую эффективность при приеме вертикально-поляризованной составляющей электрического поля. Ферритовые антенны, витки которых расположены параллельно плоскости земли, принимают вертикальную составляющую магнитного и горизонтальную составляющую электрического поля и обладают при этом, так же как и вертикальная штыревая антенна, круговой диаграммой направленности. Следовательно, использование магнитных антенн позволяет существенно повысить отношение сигнал/помеха и улучшить качество радиоприема.

Действующая длина ферритовых антенн мала, но благодаря использованию ферромагнитных материалов (например, 30ВЧ2) при настройке в резонанс действующая длина антенны может быть увеличена в 50—100 раз. Возможность электронной перестройки резонансной частоты ферритовой антенны с помощью варикапов достаточно просто реализуется.

Есть успешные попытки создания малогабаритных настраиваемых активных ферритовых антенн. В этом случае антенна может располагаться в салоне автомобиля, что создает дополнительные удобства при эксплуатации радиоприемника.

УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВА ЗВУЧАНИЯ

Ни один параметр радиоприемника не оценивается слушателями так высоко, как качество звучания. Безусловно, высокое качество звучания возможно только при наличии качественного радиоприема,

но оконечные устройства (усилители низкой частоты, громкоговорители) существенно влияют на окончательный результат.

Условия неискаженной передачи. Задачей вещательных систем является воспроизведение передачи без искажений. Однако помехи радиоприему, акустические шумы при движении автомобиля, сам радиоприемник и громкоговоритель вносят искажения. Поэтому важно знать требования к воспроизводящей аппаратуре, выполнение которых гарантировало бы необходимое качество звучания. С точки зрения субъективного восприятия нет необходимости в абсолютно неискаженном воспроизведении, так как в известных пределах искажения незаметны для слуха. Для субъективно неискаженной передачи звука необходимо, чтобы система звукопередачи удовлетворяла следующим требованиям: частотные, фазовые и нелинейные искажения не превышают величин, при которых они становятся заметными; уровень громкости и динамический диапазон громкостей в помещении, где расположены слушатели, такие же, как в помещении, где находятся исполнители; посторонние помехи не достигают значений, при которых они мешают восприятию передачи; характер и длительность послезвучания (реверберация), воспринимаемые радиослушателями, такие же, как в помещении, где находятся исполнители; сохранено восприятие пространственного распределения источников звуков (стереофония).

Форма и амплитуда сигналов радиовещания зависят от характера исполнения (музыка, речь) и непрерывно изменяются в процессе передачи. Звуковые колебания имеют вид чередующихся во времени относительно быстрых нарастаний и значительно более медленных спаданий уровней звука. Время нарастания амплитуд звуковых колебаний составляет 6—40 *мсек*, тогда как время спадания зависит не только от свойств источника звука, но и от свойств помещения, достигая нескольких секунд. Вследствие инерционности человеческого слуха уровень слухового ощущения при восприятии звуковых колебаний определяется в каждый данный момент времени не мгновенной мощностью, а средним значением мощности за некоторое время (равное примерно 40 *мсек*), характеризующее «память» органа слуха. В частности, на этом свойстве слуха основывается способ борьбы с импульсными помехами — запирание тракта радиоприема на время действия импульса помехи.

Динамический диапазон передачи определяется отношением средних мощностей при максимальном и минимальном уровнях сигнала передачи. Натуральный динамический диапазон речи диктора составляет 25—35, эстрадного оркестра 35—50, а большого симфонического оркестра 65—75 *дб*.

Частотный спектр звучания музыкальных инструментов охватывает частоты от 20 *гц* до 15 *кгц*. Речи соответствует спектр частот от 100 *гц* до 5 *кгц*. Частотный состав, амплитуды и фазы составляющих сложного звукового колебания определяют его тембр или характерную окраску звука. Частотные и фазовые искажения изменяют тембр звучания. Человеческий слух в довольно широких пределах не реагирует на фазовые искажения, поэтому изменения тембра в основном связаны с частотными искажениями.

Если в спектре передачи «зарезана» область верхних звуковых частот, то звучание приобретает глухой «бубнящий» тембр, лишенный красочности, которая создается высокочастотными составляющими. При значительном уменьшении в спектре передачи низких частот звучание приобретает резкий металлический тембр. Расширение воспро-

изводимого диапазона частот до натурального сопровождается ощутимым на слух улучшением качества звучания. Однако это значительно усложняет передающую и приемную аппаратуру и практически возможно только при частотной модуляции в УКВ диапазоне.

Радиовещательные передатчики высшего класса (с частотной модуляцией) передают спектр частот от 30 до 15 000 *гц*, первого класса (с амплитудной модуляцией) — от 50 до 10 000 *гц* при неравномерности частотной характеристики не более 6 *дб*.

Важное значение при воспроизведении имеет уровень шума. Для качественного воспроизведения звуков давление, развиваемое акустической системой при минимальном уровне сигнала, должно обеспечить превышение уровня шума на 10—20 *дб* во всем диапазоне воспроизводимых частот.

Уровень шума в салоне легкового автомобиля при движении на небольшой скорости составляет приблизительно 40 *дб* по отношению к звуковому давлению $2 \cdot 10^{-5}$ *н/м*², но при увеличении скорости быстро возрастает, достигая 80—90 *дб* при скорости движения 80 *км/ч*. Максимальная интенсивность шума в автомобиле лежит в диапазоне 50—120 *гц*, с возрастанием скорости происходит смещение максимума в более высокочастотную область спектра.

Выше указывалось, что динамический диапазон естественных звучаний достигает 65—75 *дб*. Воспроизведение наиболее высоких динамических уровней ограничивается нелинейными искажениями в трактах передачи и приема, воспроизведение наиболее низких — шумами, уровень которых должен быть на 10—20 *дб* ниже уровня минимального сигнала. По этим и другим причинам динамический диапазон в радиопередачах сжимается до 40—50 *дб*.

Из сказанного можно сделать следующие выводы: максимальный динамический уровень звукового давления, развиваемого акустической системой радиоприемника в автомобиле, движущемся на небольшой скорости, должен достигать 85—95 *дб*; максимальный динамический уровень звукового давления в легковом автомобиле, движущемся на большой скорости, должен достигать 130—150 *дб*. Этот уровень уже значительно выше болевого порога органов слуха человека. Следовательно, при существующей звукоизоляции легковых автомобилей среднего класса и современном состоянии автомобильных дорог высококачественное восприятие передач на больших скоростях движения невозможно, так как максимальный уровень звукового давления должен быть ограничен уровнем 100—120 *дб*.

Громкоговоритель и акустическая система. До последнего времени в автомобильных радиоприемниках применялись громкоговорители 2ГД-19М и 4ГД-9. Эти громкоговорители при выходной мощности усилителя низкой частоты 2—3 *вт* не обеспечивают необходимое звуковое давление для перекрытия шумов при движении автомобиля, что ухудшает качество звучания и снижает разборчивость речи.

Разработан и выпускается громкоговоритель 4ГД-8Е, предназначенный специально для установки в автомобили «Жигули», «Москвич», «Волга» новых выпусков. Основные параметры громкоговорителя следующие: диаметр диффузора 125 *мм*, рабочий диапазон звуковых частот 125—7 100 *гц* при неравномерности частотной характеристики 16 *дб*. Среднее стандартное звуковое давление 0,3 *н/м*². Полное сопротивление звуковой катушки на частоте 1 000 *гц* равно 4 *ом*.

Этот громкоговоритель при подводимой к нему мощности 3 *вт* обеспечивает уровень звукового давления около 100 *дб* (вместо 60—

70 *дб* при ранее применявшихся). Большое влияние на качество звучания в салоне автомобиля имеет место установки громкоговорителя. Громкоговоритель обычно устанавливается на приборной панели автомобиля с направлением оси на салон или на лобовое стекло. В некоторых автомобилях, например в ВАЗ-2101 «Жигули», на приборной доске нет свободного места для установки громкоговорителя. Место для него предусмотрено в правой нижней части переднего отсека, что весьма затрудняет получение высокого качества звучания, так как частотная характеристика уровня звукового давления при такой установке резко искажается.

Оказывают влияние на частотную характеристику форма кузова, материал внутренней отделки и даже количество пассажиров. Например, автомобили «Москвич-412», «ИЖ-1500», «Жигули» имеют большее поглощение на низких частотах (около 10 *дб*), а автомобиль «Волга» ГАЗ-24 — в верхней части звукового диапазона (в диапазоне 5—10 *кгц* «завал» частотной характеристики 3—6 *дб*). Следовательно, в усилителях низкой частоты необходимо обеспечить подъем соответствующих частот. Это требует от усилителя большей выходной мощности.

Если речь идет о качественном звучании во всех точках салона автомобиля, то вообще оно не может быть обеспечено одним громкоговорителем. Обычно громкость устанавливает водитель, и часто для пассажиров, сидящих сзади, она бывает недостаточна. Особенно это заметно при повышенном шуме или недостаточной мощности усилителя низкой частоты. Поэтому целесообразно поставить хотя бы один дополнительный громкоговоритель сзади. При использовании двух громкоговорителей улучшается частотная характеристика акустической системы и появляется «объемность» звучания.

Таким образом, даже при использовании громкоговорителей с высоким стандартным звуковым давлением для обеспечения уровня звукового давления 100—110 *дб*, а также для обеспечения возможности коррекции частотной характеристики около 10 *дб* номинальная выходная мощность радиоприемника должна быть 3,5—4 *вт*, а максимальная — около 5 *вт*.

Реверберация и стереофония. Реверберация — затухающее звучание в закрытом помещении после прекращения действия источника звука, обусловленное многократными отражениями звука от ограничивающих поверхностей. Длительность послезвучания при воспроизведении должна примерно соответствовать длительности послезвучания помещения, откуда производится передача. Для монофонических передач оптимальным временем реверберации считается 0,7—0,9 *сек* (для стереофонических 0,4—0,5 *сек*). Время реверберации в салоне легкового автомобиля примерно 0,5 *сек*, в результате этого даже воспроизводимая с высоким качеством музыкальная передача будет звучать не совсем естественно. Увеличить время реверберации можно с помощью специальной приставки к радиоприемнику. Описание одной из радиолюбительских приставок дано в [Л. 13].

Пространственное восприятие источников звука (стереофония) возможно только при многоканальной передаче и воспроизведении. Наибольшее распространение получили двухканальные стереофонические системы.

Хотя ряд зарубежных фирм рекламирует стереосистемы для автомобилей, а также запланирована разработка такой системы в Советском Союзе (для автомобилей высшего класса), целесообразность установки аналогичных систем в автомобилях других классов кажет-

ся проблематичной. Во-первых, в легковых автомобилях трудно обеспечить достаточно большую базу разнесения акустических систем; во-вторых, водитель и пассажир на переднем сиденье находятся очень близко и не могут попасть в зону стереоэффекта, а остальные пассажиры тоже находятся не в оптимальных условиях, так как достаточно жестко привязаны к месту расположения; в-третьих, стереоэффект, да и вообще преимущества стереовещания проявляются только при низком уровне шума в помещении.

В связи с этим в автомобиле лучше использовать монофоническую систему, однако для повышения качества звучания и в монофонической системе целесообразно использовать меры, обычно применяемые в стереофонии: значительный запас по мощности в усилителях низкой частоты и громкоговорителях, что обеспечивает малые нелинейные искажения в большом динамическом диапазоне; использование громкоговорителей высокого качества и специальных акустических систем; глубокая отрицательная обратная связь, снижающая выходное сопротивление усилителя и повышающая стабильность выходного напряжения при изменении величины нагрузки; использование двух- или трехполосных систем усиления и воспроизведения звука; воспроизведение передачи по крайней мере из двух точек; демпфирование громкоговорителей и др.

Остановимся подробнее на некоторых способах повышения качества звучания.

Увеличение верхней граничной частоты усилителя низкой частоты. Используемые в выходных каскадах УНЧ транзисторы П213, П214, П216, П217 имеют невысокие граничные частоты усиления в схемах с общим эмиттером (не более 7 *кгц*) и не могут обеспечить параметры УНЧ на высоких частотах звукового диапазона. На этих частотах становятся заметными фазовые сдвиги, частотные и нелинейные искажения, возрастает потребление тока, и транзисторы начинают перегреваться. Значительные фазовые сдвиги, возникающие в усилителе, приводят к невозможности использования глубокой отрицательной обратной связи, так как при этом усилитель начинает возбуждаться.

Для обеспечения высокого качества звучания приходится переходить на транзисторы с более высокой граничной частотой. При конструировании усилителей низкой частоты следует отдать предпочтение среднечастотным и высокочастотным транзисторам серий П601, П602, П605, П609, КТ602—КТ605, КТ801—КТ803 и др. С этими транзисторами можно построить усилители с полосой частот до 20 *кгц* и выше.

Уменьшение частотных искажений. Сопротивление громкоговорителя имеет комплексный характер. Частотная характеристика модуля полного сопротивления громкоговорителя 4ГД-8Е показана на рис. 4. Максимум в области низких частот соответствует частоте основного резонанса подвижной системы. Возрастание сопротивления на высших частотах обусловлено индуктивностью звуковой катушки. Минимальная величина полного сопротивления равна активному сопротивлению звуковой катушки. Частотная характеристика имеет большую неравномерность. Даже при идеальной частотной характеристике усилителя выходное напряжение будет значительно меняться, в результате чего появятся частотные искажения.

Для уменьшения частотных искажений необходимо значительное снижение выходного сопротивления усилителя. Это весьма сложная задача, так как для этого нужно ввести глубокую отрицательную обратную связь. Кроме перехода на более высокочастотные транзисторы, это требует обеспечения значительно большего коэффициента уси-

ления (большего числа каскадов), а в ряде случаев отказа от обычно используемых схем. Например, согласование УНЧ радиоприемников АТ-66, «Урал-авто» с нагрузкой осуществляется с помощью выходных трансформаторов, а в УНЧ радиоприемника А-370 трансформатор используется для согласования предварительного и оконечного каскадов.

Такие схемы имеют меньшее число каскадов, высокий к. п. д. Однако обеспечение равномерной отрицательной обратной связи в таких усилителях невозможно, так как напряжение обратной связи уменьшается в области нижних частот, что приводит к увеличению выходного сопротивления.

По этим же причинам согласование громкоговорителя 4ГД-8Е с другими радиоприемниками вызывает затруднения, так как нужно вводить коррекцию в области нижних и верхних частот, что приводит к уменьшению выходной мощности.

Уменьшение нелинейных искажений. Нелинейные искажения, нарушающие верность звуковоспроизведения, возникают из-за нелиней-

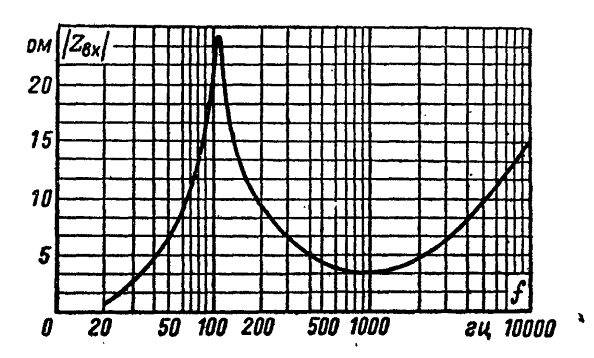


Рис. 4. Частотная характеристика модуля полного сопротивления громкоговорителя 4ГД-8Е.

ности амплитудной характеристики громкоговорителя, т. е. нарушения пропорциональности между величинами электрического напряжения, подводимого к громкоговорителю, и развиваемого им звукового давления. Нелинейные искажения характеризуются возникновением в воспроизводимом спектре частот новых составляющих, создающих неприятные дополнительные призвуки. Эффективным средством борьбы с нелинейными искажениями является использование громкоговорителя не на полную мощность. Это требует создания некоторого запаса, например установки дополнительного громкоговорителя.

Имеется другой вид нелинейных искажений, так называемые интермодуляционные искажения. Они возникают в широкополосных громкоговорителях, выходных трансформаторах и других нелинейных звеньях звуковоспроизводящей системы при одновременной передаче сигналов двух и более частот, из которых одна значительно выше другой. Источниками нелинейных искажений в громкоговорителях являются нелинейность гибкости подвески подвижной системы, а также осевая неоднородность магнитного поля громкоговорителя.

Средством борьбы с этими искажениями является использование двухполосных систем воспроизведения звука. Если низкие и высокие

частоты воспроизводятся разными громкоговорителями, интермодуляционные искажения значительно снижаются. Кроме того, создается возможность использования более дешевых низкочастотных и высокочастотных узкополосных громкоговорителей вместо дорогих широкополосных при лучшем качестве воспроизведения.

Частоты раздела выбирают исходя из условий получения лучшей частотной характеристики системы, а также мощности имеющихся громкоговорителей. Не рекомендуется частоту раздела выбирать в зоне наибольшей чувствительности уха (1—4 *кгц*), так как это может

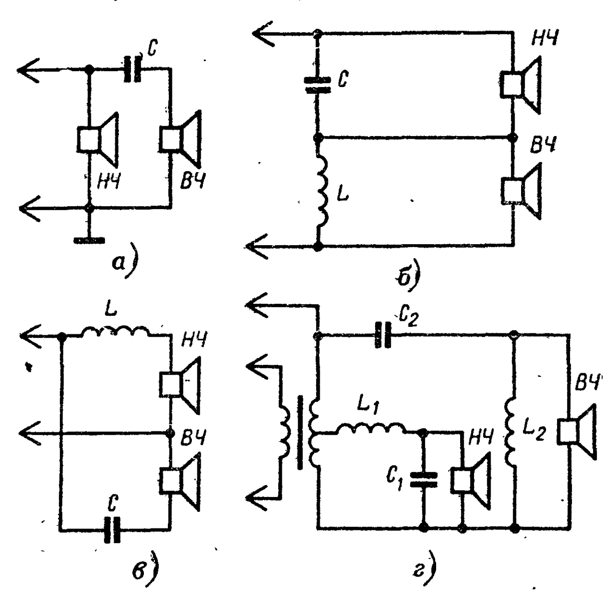


Рис. 5. Схемы разделения низкочастотных и высокочастотных громкоговорителей.

а — подключение через разделительный конденсатор; *б*, *в* — последовательное и параллельное подключение громкоговорителей с использованием *LC*-цепи; *г* — подключение громкоговорителей с различными сопротивлениями через согласующий трансформатор.

ухудшить слуховые ощущения из-за заметности двух источников звука на частоте раздела. Снижение частоты раздела уменьшает интермодуляционные искажения. Таким образом, наиболее подходящими частотами раздела могут быть частоты, лежащие в области 400—800 *гц* и 4—5 *кгц*

Простейшим способом создания двухполосной системы является подключение высокочастотного громкоговорителя через разделительный конденсатор к имеющемуся громкоговорителю (рис. 5, *а*). В этом случае в качестве основного можно использовать громкоговорители 5ГД-3РР3, 6ГД-1, хорошо работающие от 50 *гц* до 5 *кгц*. Для воспроизведения области частот выше 5 *кгц* должны применяться допол-

нительные небольшие громкоговорители (их мощность может быть в 5—10 раз меньше мощности основного громкоговорителя), например 1ГД-2, 1ГД-3.

Простейшим фильтром, при помощи которого к низкочастотному громкоговорителю подводится напряжение только низких частот, а к высокочастотному — только высших частот, являются схемы, приведённые на рис. 5, *б*, *в*. Они рассчитаны на громкоговорители с одинаковым полным сопротивлением и имеют входное сопротивление, равное сопротивлению одного громкоговорителя, несмотря на то, что в первой схеме громкоговорители соединены последовательно, а во второй — параллельно. Емкость конденсатора и индуктивность дросселя определяются из условия, что их емкостное или индуктивное сопротивление равно на частоте раздела полному сопротивлению громкоговорителя. К каждому громкоговорителю будет приложена половина мощности усилителя. Если громкоговорители имеют разные полные сопротивления (в своих полосах частот), то их приходится уравнивать с помощью согласующего трансформатора (рис. 5, *г*). При разнесении в пространстве низкочастотного и высокочастотного громкоговорителей может быть получено псевдостереофоническое воспроизведение.

В настоящее время разработаны и выпускаются малогабаритные акустические системы. Некоторые из них могут быть установлены и в автомобиле. Например, акустическая система 6МАС-6 имеет объем всего 7 *куб. дм* и содержит два громкоговорителя: 6ГД-5 и 4ГД-В.

Система обеспечивает воспроизведение частот от 50 до 10 000 *гц* при неравномерности 6 *дб*, что соответствует I классу качества звуковых трактов. Однако малогабаритные акустические системы из-за неизбежных частотных коррекций требуют от усилителя низкой частоты повышенной мощности (около 10 *вт*).

Демпфирование. Динамическая структура музыкальных передач имеет импульсный характер. Музыка представляет собой непрерывный ряд следующих друг за другом изменяющихся звуковых импульсов различной продолжительности, интенсивности и частоты. Хороший громкоговоритель должен иметь такие переходные характеристики, которые обеспечивают точное преобразование электрического импульса в звуковой, т. е. сохранение формы и продолжительности импульса.

Переходные характеристики громкоговорителя зависят от величины тормозящего усилия, вызванного индуцированной в катушке громкоговорителя э. д. с. и механическими потерями в подвижной системе. Недостаточное демпфирование громкоговорителя характеризуется наличием в его частотной характеристике максимумов и минимумов, свидетельствующих о том, что громкоговоритель имеет одну или несколько резонансных частот.

При слабом демпфировании затухание собственных колебаний подвижной системы громкоговорителя продолжается довольно долго (0,1—0,15 *сек*). Вследствие этого они могут попасть на следующий звуковой импульс и значительно исказить сигнал, сопровождая его призвуками, отсутствующими в передаваемом сигнале. Для устранения подобных искажений применяют электрическое и акустическое демпфирование.

Электрическое демпфирование сводится к снижению выходного сопротивления усилителя. Дело в том, что при колебаниях звуковой катушки в ней наводится э. д. с., создающая ток, противодействующий перемещениям катушки, т. е. тормозящий ее колебания. Чем меньше выходное сопротивление усилителя, шунтирующее звуковую катушку,

тем больше величина наведенного тока и тем больше создается торможение. Следовательно, низкое выходное сопротивление усилителя является обязательным условием повышения качественных показателей усилителя.

Способ соединения (последовательно или параллельно) двух однотипных громкоговорителей почти не влияет на демпфирование громкоговорителей. Если выходное сопротивление усилителя недостаточно мало, то последовательное соединение предпочтительнее, так как способствует улучшению частотной характеристики, особенно в области низких частот.

Акустическое демпфирование производится с помощью пористого звукопоглощающего материала, например ваты, которым заполняется закрытый ящик с громкоговорителем. Звукопоглощающий пористый материал вносит активное сопротивление (потери) в колебания слоя

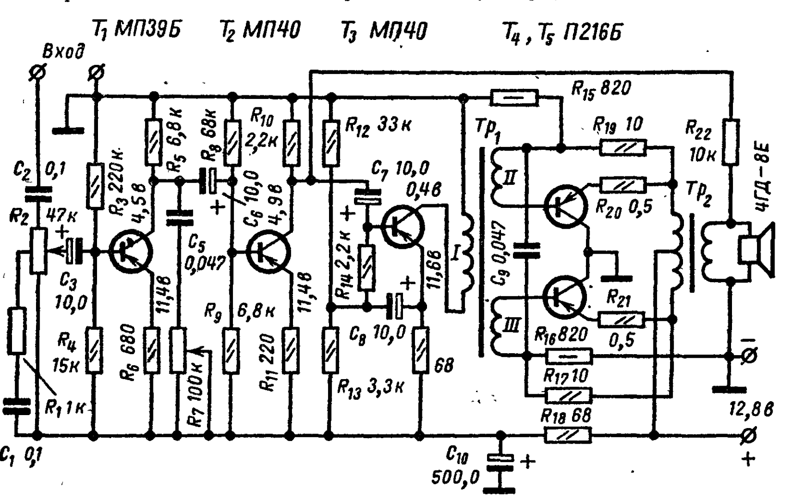


Рис. 6. Принципиальная схема усилителя низкой частоты для автомобильного радиоприемника или магнитофона.

воздуха, который перемещается вместе с диффузором. Через колеблющийся воздух затухание вносится в подвижную систему громкоговорителя. Акустическое демпфирование эффективно действует от самых нижних звуковых частот до 4—5 *кгц*, обеспечивая хорошие переходные характеристики громкоговорителя. Однако акустическое демпфирование создает «завал» частотной характеристики в области нижних частот.

Применение высококачественного усилителя. Опубликовано большое количество схем усилителей низкой частоты, пригодных для использования в автомобиле.

Принципиальная схема одного из таких усилителей с выходной мощностью 3,5 *ва* приведена на рис. 6. Усилитель может работать от любого радиоприемника или магнитофона. На входе усилителя включен регулятор громкости с постоянной тонкомпенсацией, а после первого каскада — регулятор тембра звука, осуществляющий изме-

нение полосы пропускания за счет верхних частот. В каскадах предварительного усиления транзисторы включены по схеме с общим эмиттером, которая обеспечивает малые нелинейные искажения сигнала. Последние два каскада охвачены отрицательной обратной связью. Температурная стабилизация режима транзисторов обеспечивается резисторами в цепях их эмиттеров.

Трансформатор $Тр_1$ выполнен на магнитопроводе типа Ш6×12,5 (сталь марки Э320). Первичная обмотка содержит 900 витков провода ПЭВ-1 0,17, вторичные — по 156 витков провода ПЭВ-1 0,23. Трансформатор $Тр_2$ выполнен на магнитопроводе типа Ш10×16 (сталь марки Э320). Первичная обмотка содержит 240 витков с отводом от средней точки, намотана проводом ПЭВ-1 0,31. Вторичная обмотка имеет 60 витков провода ПЭВ-2 0,8. Полоса эффективно воспроизводимых частот с громкоговорителем 4ГД-8Е 125—7 100 *гц*.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАГНИТОФОНОВ

Из изложенного выше видно, насколько сложно обеспечить высококачественный радиоприем в автомобиле. Кроме того, далеко не во всех районах страны имеются мощные вещательные радиостанции. Не всегда передаваемые программы удовлетворяют водителей. Выходом в этом случае является установка в автомобиле магнитофона.

Особенно перспективны магнитофоны с кассетной зарядкой пленки. Планируется разработка специального автомобильного магнитофона на базе кассетного магнитофона «Десна», а также магнитофонных приставок к автомобильным радиоприемникам и автомобильных магнитол.

Катушечные транзисторные магнитофоны. Пока не выпускаются магнитофоны специально для автомобилей, однако многие из переносных портативных транзисторных магнитофонов могут быть использованы для установки в автомобиле. В этом случае следует учитывать ряд особенностей их схемных и конструктивных решений. В транзисторных магнитофонах с корпусом соединен положительный полюс источника питания, а с корпусом автомобиля в большинстве случаев соединен отрицательный полюс автомобильной бортсети. Поэтому при питании магнитофона от бортсети автомобиля необходимо принять все меры, чтобы корпус магнитофона не соприкасался с металлическими частями автомобиля.

Напряжение питания портативных переносных магнитофонов обычно равно 9 или 12 *в*, а напряжение бортовой сети автомобиля может изменяться в широких пределах (от 11,8 до 14,8 *в*). Поэтому питание магнитофона должно осуществляться через транзисторный стабилизатор напряжения. Величина стабилизированного напряжения должна быть равна номинальной величине напряжения автономного источника питания.

Желательно, чтобы на вход стабилизатора подавалось уже отфильтрованное напряжение. Его можно снять с выхода фильтра блока питания автомобильного радиоприемника. Удовлетворительные результаты получаются при установке на входе стабилизатора конденсатора емкостью около 500 *мкф*. В некоторых магнитофонах двигатели создают значительные помехи, которые, проникая по цепям питания в усилитель низкой частоты радиоприемника, создают неприятный фон. Для исключения этого на выходе стабилизатора необходимо поставить конденсатор емкостью около 500 *мкф*. Если стабилиза-

тор устанавливается совместно с радиоприемником, то он должен быть выполнен на транзисторах типа *n-p-n*. Принципиальная схема стабилизатора на выходное напряжение 12 *в* приведена на рис. 7, *а*. При номинальном напряжении питания магнитофона 9 *в* вместо стабилитрона Д814Д следует поставить Д814В.

Если стабилизатор устанавливается совместно с магнитофоном, то его целесообразно выполнить на транзисторах типа *p-n-p*. Принципиальная схема стабилизатора приведена на рис. 7, *б*.

К магнитофонам придаются выпрямители, имеющие стабилизаторы напряжения. После небольшой доработки эти стабилизаторы мо-

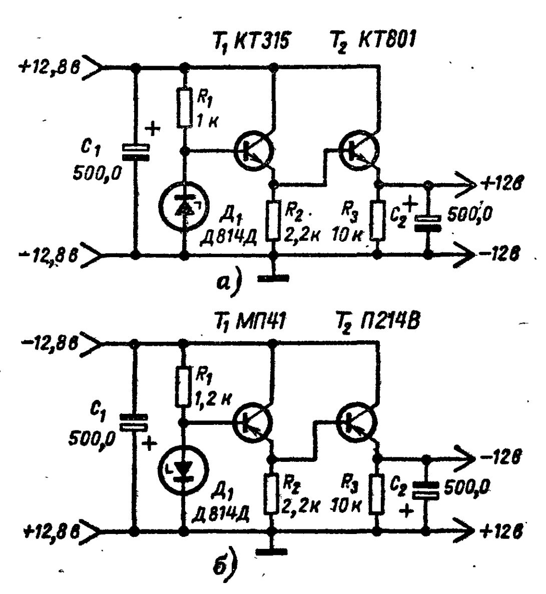


Рис. 7. Принципиальные схемы стабилизаторов напряжения на транзисторах различной проводимости.

а — типа *n-p-n*; *б* — типа *p-n-p*.

гут быть использованы для питания магнитофонов от бортовой сети автомобиля. Это очень удобно, так как не требуется изготовление дополнительного устройства, а также используется стандартный кабель питания магнитофона от выпрямителя. Доработка сводится к подпайке двух проводов ко входу стабилизатора. Отключать остальную часть схемы не требуется, поэтому выпрямитель может всегда быть использован по своему прямому назначению. Подсоединять стабилизатор к сети автомобиля следует через предохранитель. На рис. 8 показана схема выпрямителя магнитофона «Орбита-1» после доработки. Аналогичным образом можно использовать стабилизаторы других магнитофонов.

При использовании магнитофона в автомобиле желательно обеспечить большую длительность непрерывного звучания без перезарядки ленты. Простейшим способом является использование тонкой

пленки. Магнитофонные ленты для бытовых магнитофонов выпускаются толщиной 55 *мкм*, однако имеются ленты толщиной 37 *мкм* (например, тип 10) и даже 18 *мкм*. Кроме увеличения длительности воспроизведения в 1,4—3 раза, при использовании таких лент несколько улучшается качество звучания записи.

Рассмотрим основные характеристики некоторых портативных катушечных транзисторных магнитофонов.

«Яуза-20». Из катушечных магнитофонов это наиболее подходящий для использования в автомобиле, так как при скорости движения ленты 4,76 *см/сек* время проигрывания одной дорожки составляет

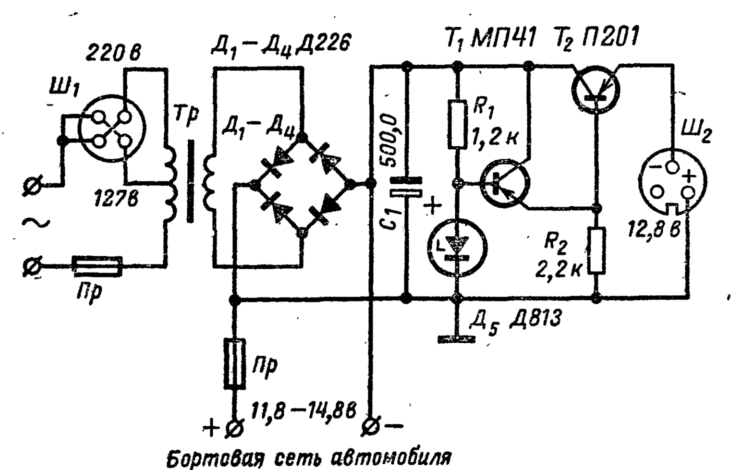


Рис. 8. Доработка выпрямителя магнитофона «Орбита-1» для включения в бортсеть автомобиля.

60 *мин* (пленка типа 6, толщина 55 *мкм*). Частотный диапазон канала запись — воспроизведение 80—5000 *гц*. При скорости движения ленты 9,53 *см/сек* частотный диапазон увеличивается до 63—10 000 *гц*, но время непрерывной работы сокращается до 30 *мин*. В магнитофоне используются катушки диаметром 13 *см*.

Номинальная выходная мощность 1 *вт*, имеется специальный линейный выход для подключения внешнего, более мощного усилителя. Питание возможно от 8 элементов «373», от аккумуляторной батареи напряжением 12 *в* или от сети переменного тока с напряжением 127 или 220 *в* через стабилизированный выпрямитель. В режиме воспроизведения магнитофон потребляет ток 360 *ма*.

Магнитофон собран в декоративно оформленном литом силуминовом корпусе, приспособленном для переноски. Верхняя крышка корпуса, закрывающая катушки с лентой и блок головок, металлическая.

Входные и выходные гнезда усилителя и гнездо для подключения внешнего источника питания находятся на задней стенке корпуса. Имеется возможность выключения громкоговорителя при работе с внешним усилителем. Габариты магнитофона 300×220×110 *мм*, масса 5 *кг*.

В магнитофоне применен коллекторный электродвигатель постоянного тока типа 4ДКС-8 с центробежным регулятором и транзисторами П41 и П213 в цепи регулирования. Регулятор при колебаниях напряжения питания ±2 *в* от номинального поддерживает частоту вращения электродвигателя 2 000 *об/мин* с отклонением не более ±30 *об/мин*. В режиме перемотки частота вращения электродвигателя повышается до 2 600 *об/мин*.

«Орбита-1». Скорость движения ленты при записи и воспроизведении 9,53 *см/сек*, коэффициент детонации не более 0,8%. Продолжительность непрерывной работы составляет 30 *мин* при толщине ленты 55 *мкм* и катушках диаметром 13 *см*. Частотный диапазон канала запись — воспроизведение на линейном выходе 60 — 10 000 *гц* при коэффициенте нелинейных искажений не более 3%. Номинальная выходная мощность 0,5 *вт*. В магнитофоне применен громкоговоритель 0,5ГД-12.

Магнитофон питается от восьми элементов «373», от аккумуляторной батареи напряжением 12 *в* или от сети переменного тока через стабилизированный выпрямитель. Потребляемый ток в режиме воспроизведения не более 300 *ма*. Имеется двухсторонняя ускоренная перемотка ленты

Магнитофон собран в декоративно оформленном, легком металлическом корпусе со съемной ручкой для переноски. Линейный выход усилителя и гнездо подключения внешнего источника питания выведены на левую стенку корпуса магнитофона, что удобнее при эксплуатации магнитофона в вертикальном положении.

Габариты магнитофона 310×210×105 *мм*, масса 4,7 *кг*.

«Дельфин» имеет скорость движения ленты 9,53 *см/сек* при коэффициенте детонации не более 0,4%. Частотный диапазон канала запись — воспроизведение 63—10 000 *гц* при коэффициенте нелинейных искажений не более 5%. Уровень шумов не хуже — 42 *дб*. Продолжительность непрерывной работы при использовании ленты типа 6 составляет 30 *мин*. Номинальная мощность 0,8 *вт*, в магнитофоне применен громкоговоритель 1ГД-28. Питание магнитофона возможно от восьми элементов «373», от аккумулятора напряжением 12 *в* или от сети переменного тока через стабилизированный выпрямитель. С корпусом соединен положительный полюс источника питания. Габариты магнитофона 350×300×103 *мм*, масса 5 *кг*.

«Романтик». Скорость движения ленты 9,53 *см/сек* при коэффициенте детонации не более 0,8%. Продолжительность непрерывной работы при использовании ленты типа 6 и катушек диаметром 13 *см* составляет 30 *мин*. Частотный диапазон канала запись — воспроизведение 60—10 000 *гц*. Относительный уровень шумов не хуже — 45 *дб*. Коэффициент нелинейных искажений не более 5% на эквиваленте нагрузки громкоговорителя 6,5 *ом* и не более 3% на линейном выходе. Номинальная выходная мощность 0,8 *вт*. Магнитофон может питаться от восьми элементов «373» или от сети переменного тока, для чего к магнитофону придается стабилизированный выпрямитель. Потребляемая от сети мощность не превышает 12 *вт*.

Магнитофон собран в корпусе, приспособленном для переноски. Корпус представляет собой металлический каркас, обтянутый прессшпаном и отделанный цветным декоративным материалом с двумя пластмассовыми решетками. Изоляция металлических частей корпуса предотвращает случайное замыкание при использовании магнитофона в автомобиле (в магнитофоне заземлен положительный полюс источника питания).

На переднюю стенку выведены и утоплены в проеме регулятор громкости, регулятор тембра, кнопки переключателя рода работы лентопротяжного механизма и ручка переключателя усилителя. Входные и выходные гнезда усилителя, а также гнездо подключения внешнего источника питания выведены на заднюю стенку корпуса. На линейном выходе усилителя развивается напряжение не менее 250 *мв*, на громкоговорителе 1ГД-28М — не менее 2,3 *в*. Габариты магнитофона 339×253×142 *мм*, масса 5 *кг*.

«Комета МГ-206». Это малогабаритный катушечный двухдорожечный магнитофон. Скорость движения ленты 9,53 *см/сек*, коэффициент детонации не более 0,8%. Продолжительность непрерывной работы при использовании ленты типа 6 толщиной 55 *мкм* и катушек диаметром 10 *см* составляет 17 *мин*. Частотный диапазон канала запись — воспроизведение 63—10 000 *гц* на линейном выходе усилителя и 200—5 000 *гц* на собственном громкоговорителе. Относительный уровень шумов не хуже —40 *дб*. Коэффициент нелинейных искажений не более 5%. Номинальная выходная мощность 0,25 *вт*. Питание магнитофона возможно от восьми элементов «343», от внешней батареи напряжением 12 *в* и от сети переменного тока через стабилизированный выпрямитель. Потребляемая от сети мощность 5,5 *вт*.

Магнитофон собран в пластмассовом корпусе, приспособленном для переноски. На верхнюю часть корпуса выведены клавиши переключения рода работ, стрелочный индикатор. На передней стенке расположены регуляторы уровня и тембра, а также гнездо линейного выхода и два входных гнезда усилителя. Гнездо подключения внешнего источника питания находится на задней стенке. Габариты магнитофона 227×220×74 *мм*, масса 3 *кг*.

Лентопротяжный механизм магнитофона приводится в движение одним электродвигателем ДКМ-1. Стабилизация частоты вращения электродвигателя осуществляется специальным импульсным регулятором, состоящим из электронного ключа на транзисторе П201А и вибрационного датчика. Для подавления помех, создаваемых электродвигателем и датчиком, применены Г-образные фильтры. Магнитофон требует тщательного ухода при эксплуатации.

«Весна-3». Скорость движения ленты 9,53 *см/сек*, продолжительность непрерывной работы 30 *мин* при использовании ленты типа 10. Частотный диапазон канала запись — воспроизведение 63—10 000 *гц* при коэффициенте нелинейных искажений не более 5%. Уровень шумов не хуже —40 *дб*. Номинальная выходная мощность 0,5 *вт*. В магнитофоне применен громкоговоритель 1ГД-28. Питание магнитофона осуществляется от восьми элементов «373», от внешней батареи 12 *в* или от сети переменного тока. В магнитофонах «Весна» и «Весна-2» первых выпусков выпрямитель не имел стабилизатора напряжения. В более поздних выпусках введен стабилизатор на транзисторе П201, применен более совершенный и надежный двигатель и внесен ряд других изменений.

Магнитофон изготовляется в металлическом корпусе, приспособленном для переноски. Сверху находятся клавиши переключателя рода работы магнитофона, ручки регуляторов громкости и тембра. Входные гнезда и линейный выход расположены на передней стенке, а гнездо подключения внешнего питания — на задней. В лентопротяжном механизме используется электродвигатель ДКС-16. Частота вращения двигателя стабилизируется с помощью транзистора и центробежного датчика. Габариты магнитофона 358×234×121 *мм*, масса 4,7 *кг*.

Ряд зарубежных фирм выпускает автомобильно-переносные магнитолы с катушечными магнитофонами. Например, фирма «Грундиг» разработала магнитолу «ТК2400FM». Радиоприемник позволяет принимать только станции с частотной модуляцией в УКВ диапазоне.

Магнитофон имеет скорости движения ленты 4,75 и 9,5 *см/сек*. Диаметр используемых катушек 13 *см*. Время непрерывной работы на скорости 4,76 *см* составляет 1 *ч*. Полоса воспроизводимых частот 40—15 000 *гц*, выходная мощность 2 *вт*. Питание от бортовой сети автомобиля 13,5 *в* или от батареи из шести элементов по 1,5 *в*. Масса магнитолы 4,5 *кг*.

Кассетные магнитофоны. Основное отличие этих магнитофонов состоит в использовании компактных кассет с магнитной лентой, что значительно упрощает эксплуатацию магнитофона и снижает его габариты. В кассетных магнитофонах устраняется основной недостаток катушечных магнитофонов при их использовании в автомобиле — сложная заправка ленты, которая практически может осуществляться водителем только при остановке автомобиля. Смена же кассет может производиться одной рукой, «вслепую».

Простота смены кассет, большая длительность звучания (до 1 *ч* на каждой дорожке), возможность высококачественного, в том числе стереофонического воспроизведения записей, отсутствие влияния атмосферных и индустриальных помех, малые габариты и масса — все это делает кассетные магнитофоны весьма перспективными для использования в автомобилях.

Наибольшее распространение получили кассеты типа С (С-60, С-90, С-120). Цифры обозначают время звучания на двух дорожках в минутах. Кассеты внутри корпуса имеют два ролика, на которые наматывается магнитная лента, и устройство, прижимающее ленту к рабочему зазору головки. Кассета после установки на магнитофон крепится пружинными защелками.

В кассетных магнитофонах обычно применяется лента шириной 3,81, реже — шириной 6,25 *мм*. При монофонической записи используются две или четыре дорожки, при стереофонической — четыре или восемь. Толщина пленки от 9 до 18 *мкм*, т. е. в 3—6 раз тоньше обычной.

Магнитофон «Десна». Это первый отечественный кассетный магнитофон. Магнитофон позволяет производить запись с микрофона, от звукоснимателя или с трансляционной линии. Скорость движения ленты 4,76 *см/сек*, коэффициент детонации не более 0,7%. Используется кассета типа С-60 (ширина ленты 3,81 *мм*, толщина 18 *мкм*, длина 90 *м*). Длительность звучания одной кассеты 2×30 *мин*.

Частотный диапазон канала запись — воспроизведение 80—6300 *гц* при неравномерности 8 *дб*, относительный уровень шумов не хуже — 38 *дб*. Выходная мощность 0,25 *вт*. Имеется линейный выход, на котором обеспечивается напряжение не менее 200 *мв*. Потребляемая от сети мощность 12 *вт*. Габариты магнитофона 220×121×65 *мм*, масса 1,8 *кг*.

Управление магнитофоном осуществляется в основном одной ручкой. При ее перемещении вперед включается режим «Воспроизведение» (при одновременном нажатии дополнительной кнопки включается режим «Запись»). При перемещении ручки влево или вправо производится ускоренная перемотка ленты. Включение основных режимов работы: «Воспроизведение», «Стоп», «Ускоренная перемотка», а также съем и установка кассеты могут производиться «вслепую», одной

рукой, т. е. практически не отвлекая водителя от его основных обязанностей.

На боковой стенке находятся ручка регулировки громкости, гнездо для подключения внешнего источника питания, гнездо для подключения трансляционной линии, микрофона, звукоснимателя и мощного усилителя (линейный выход).

Принципиальная схема магнитофона приведена на рис. 9. Усилитель записи и воспроизведения выполнен на семи транзисторах. В первых трех каскадах использованы малошумящие высокочастотные транзисторы ГТ310Б (коэффициент шума не более 3 *дб*). Остальные каскады выполнены на транзисторах МП41А. Регулировка уровня записи осуществляется переменным резистором R_7, регулировка громкости — резистором R_{32}. Усилитель имеет корректирующие цепи для выравнивания частотной характеристики при записи и воспроизведении. Для уменьшения нелинейных искажений с выхода усилителя в цепь эмиттера транзистора T_6 подается напряжение отрицательной обратной связи.

В магнитофоне использована универсальная головка записи и воспроизведения МГ1 и головка стирания МГ2. Генератор высокой частоты выполнен на транзисторе T_5 (МП41А). Частота вращения двигателя М1 лентопротяжного механизма стабилизирована с помощью регулятора на транзисторе T_9 типа МП25. Для подавления помех применены два Г-образных фильтра ($Др_1$ и C_{29}; $Др_2$ и C_{28}).

Выпрямитель питания выполнен на трансформаторе $Тр_3$ и четырех диодах Д226. Для стабилизации и фильтрации напряжения используется электронный стабилизатор на транзисторах T_{10} и T_{11} (МП41А и П201) и опорном диоде $Д_6$ (Д810).

При разработке магнитофона не решалась задача его использования в автомобиле. Поэтому, хотя в целом он лучше других магнитофонов удовлетворяет требованиям, предъявляемым к автомобильно-переносным магнитофонам, следует отметить ряд специфических требований, которые необходимо учитывать при его установке в автомобиле.

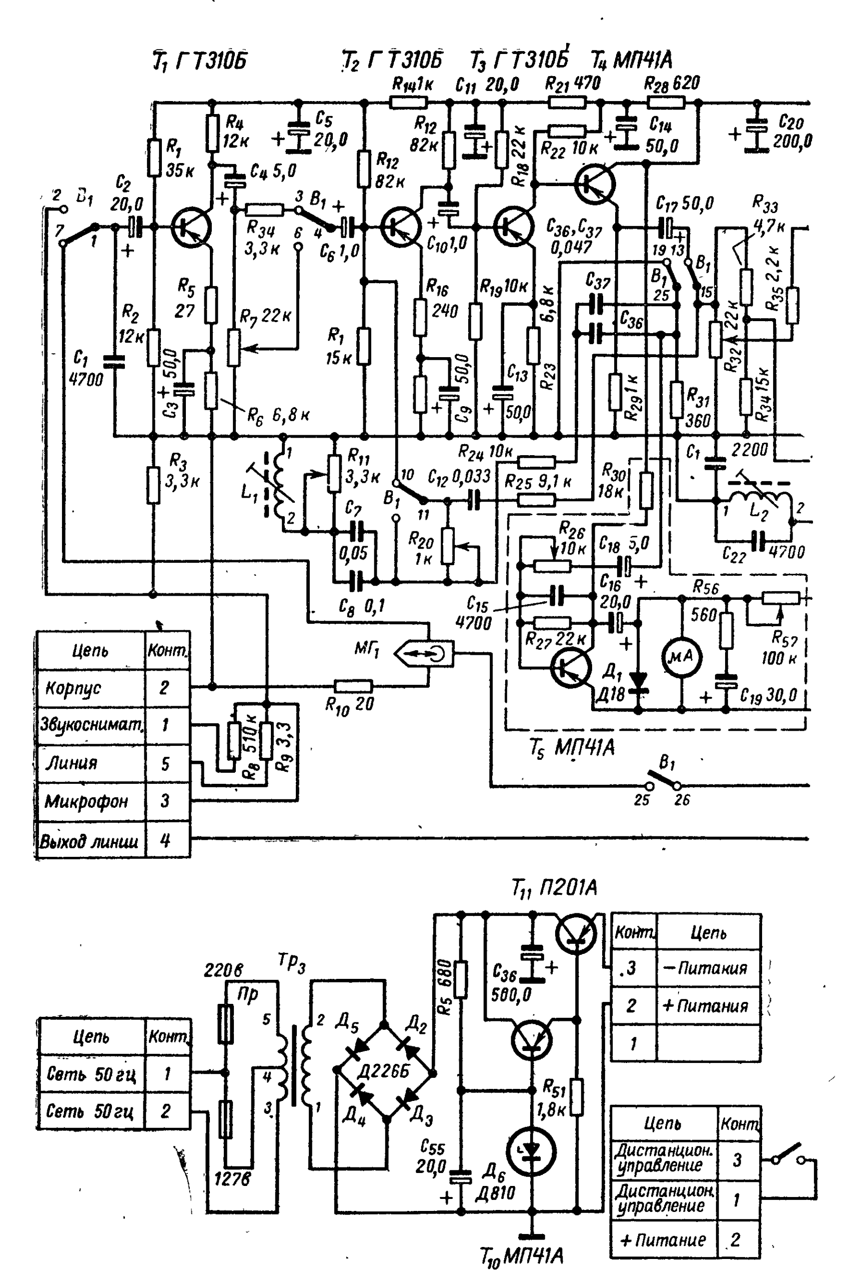
В магнитофоне не предусмотрена возможность его питания от бортовой сети автомобиля. Однако для питания магнитофона от бортсети автомобиля может быть использован стабилизатор выпрямителя магнитофона. Схема подключения аналогична схеме, приведенной на рис. 8. Может быть изготовлен отдельный стабилизатор напряжения по схеме рис. 7, *а* или *б*.

Для обеспечения достаточного уровня громкости звучания должен быть применен дополнительный усилитель низкой частоты (можно использовать усилитель автомобильного радиоприемника). В этом случае соединяют линейный выход магнитофона со входом УНЧ.

В магнитофоне с корпусом соединен положительный полюс источника питания. Поэтому при использовании для питания магнитофона бортсети автомобиля с заземленным отрицательным полюсом автомобильного аккумулятора необходимо изолировать корпус магнитофона, а экранированные провода заземлять только на одном конце.

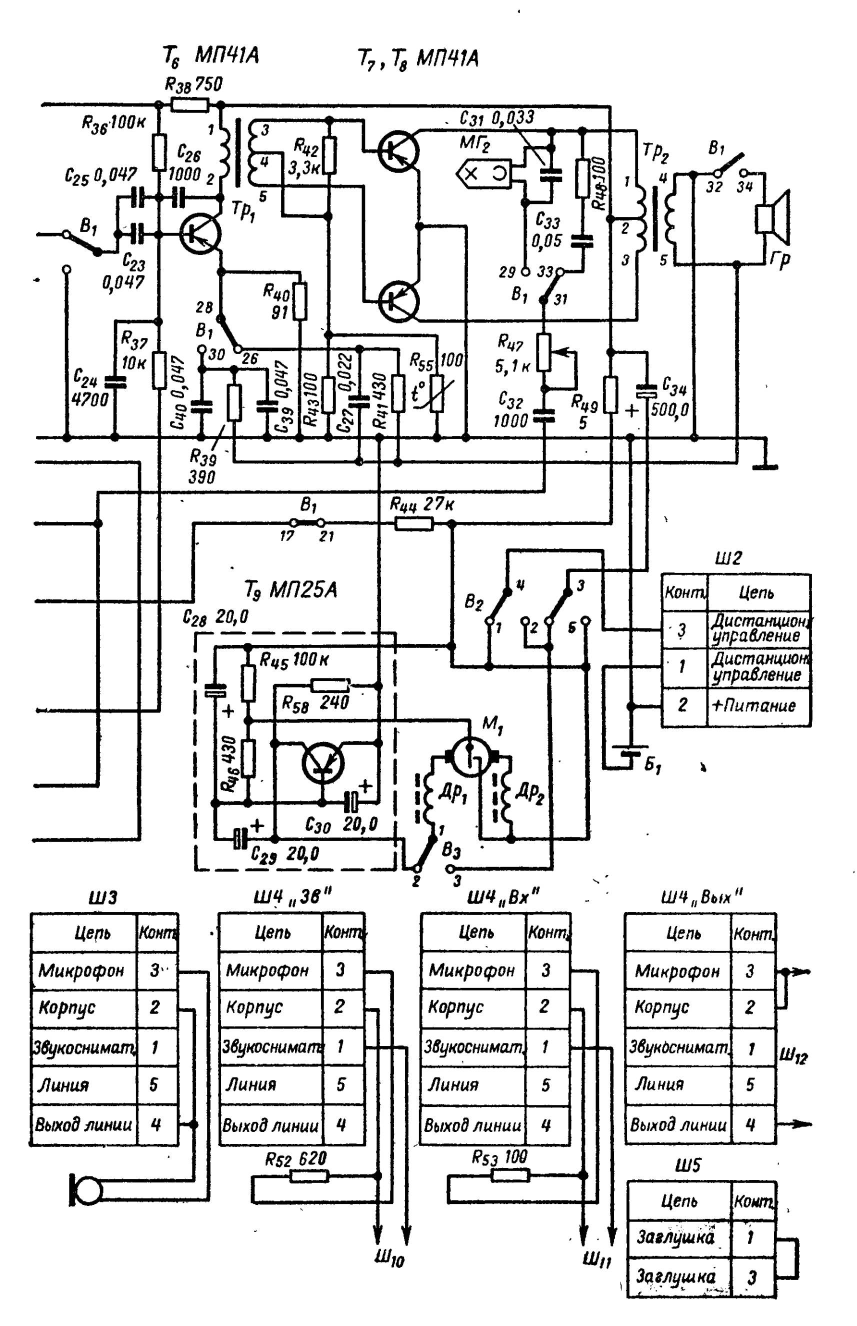
В магнитофоне и в кассете не предусмотрено автоматической остановки лентопротяжного механизма до сматывания последнего витка, поэтому при эксплуатации возможен обрыв ленты в кассете.

«Электроника К1-30» — портативный двухдорожечный кассетный магнитофон II класса, в нем также используются кассеты С-60. Скорость движения магнитной ленты 4,76 *см/сек*, длительность звучания



Положение переключателей B_1, B_2, B_3, B_4 в режиме воспроизведения

Рис. 9. Принципиальная схема кассетного



магнитофона «Десна».

одной кассеты 2×30 *мин*, время перемотки 100 *сек*, коэффициент детонации 0,4%.

Рабочий диапазон частот 63—10 000 *гц*, относительный уровень помех канала запись — воспроизведение не хуже —44 *дб*. Питается магнитофон от шести элементов «343» или от сети переменного тока через стабилизированный выпрямитель. Номинальная выходная мощность 0,8 *вт*, потребляемая мощность 15 *вт*. Габариты магнитофона 280×252×82 *мм*, масса 2,6 *кг*.

«Весна-306» — двухдорожечный магнитофон III класса. Он имеет ряд важных преимуществ перед другими магнитофонами с точки зрения его использования в автомобиле.

Наряду со скоростью 4,76 *см/сек* он имеет скорость движения ленты 2,38 *см/сек*, что обеспечивает длительность записи и воспроизведения 2×60 *мин* для кассеты типа С-60. При этом рабочий диапазон частот составляет 63—4 000 *гц* (на скорости 4,76 *см/сек* рабочий диапазон частот 63—10 000 *гц*). В «Весне-306» применен двигатель постоянного тока с бесконтактной коммутацией БДС-0,2, практически не создающий помех. Имеется регулятор тембра по высшим звуковым частотам, максимальная выходная мощность усилителя 2 *вт* (номинальная мощность 0,8 *вт*), коэффициент нелинейных искажений не более 4%.

В магнитофоне имеется устройство для выброса кассеты из отсека, что облегчает смену кассет. Управление магнитофоном клавишное. Использован новый высококачественный громкоговоритель 1ГД-40, предусмотрена возможность подключения внешнего усилителя.

Питание магнитофона универсальное: от шести элементов «373», от внешней батареи напряжением 5,1—9,3 *в*, от сети переменного тока через встроенный выпрямитель. Габариты магнитофона 242×242×67 *мм*, масса 3,7 *кг*.

«Воронеж-401», *«Воронеж-402»* — двухдорожечные магнитофоны IV класса. Скорость движения ленты 4,76 *см/сек*. Коэффициент детонации не более 0,4%. Длительность звучания одной кассеты 2×30 *мин*. Рабочий диапазон частот 80—8 000 *гц*. Выходная мощность 0,5 *вт* при коэффициенте нелинейных искажений не более 5%. В магнитофоне применен громкоговоритель 0,5ГД-30.

Питание от четырех элементов «А343», от автомобильного аккумулятора напряжением 12,8 *в* и от сети переменного тока через выпрямитель. Габариты магнитофонов 255×182×65 *мм*, масса 2,5 *кг*.

Отличие магнитофонов состоит в наличии электретного встроенного микрофона в магнитофоне «Воронеж-402».

Автомобильно-переносная магнитола TK-R15. Магнитола разработана фирмой «Сааба» и состоит из средневолнового радиоприемника и кассетного магнитофона.

Магнитола может воспроизводить монофонические фонограммы, записанные на четырех дорожках на ленте шириной 6,25 *мм*. Лента длиной 170 *м* и толщиной 18 *мкм*, намотанная на катушки диаметром 80 *мм*, помещена в специальную кассету. Скорость движения ленты 9,53 *см/сек*, время звучания кассеты 4×30 *мин*. Коэффициент детонации не более 0,3%. Полоса воспроизводимых частот от 50 до 16 000 *гц*. Нелинейные искажения не более 10%. Номинальная выходная мощность 2,5 *вт* при напряжении питания 6 *в* и 10 *вт* при напряжении 12 *в*.

Источники питания: бортовая сеть автомобиля 6 или 12 *в*, сетевой выпрямитель, пять элементов по 1,5 *в* или малогабаритный герметизированный аккумулятор на 6 *в*.

Магнитола выполнена в металлическом прямоугольном корпусе со съемной ручкой. Она устанавливается в специальный держатель под приборной доской автомашины. Все элементы управления, а также съемная кассета находятся на лицевой панели. Органы управления состоят из переключателя рода работы «Магнитофон — Радио», регулятора громкости, регулятора тембра и ручки настройки радиоприемника.

Конструкция лентопротяжного механизма отработана таким образом, что на воспроизведении не сказываются толчки, а также боковые и продольные ускорения, связанные с движением автомобиля. Габариты магнитолы 300×200×100 *мм*, масса 4 *кг*.

Принципиальная схема магнитолы приведена на рис. 10. Радиоприемник (без УНЧ) выполнен на трех транзисторах T_1—T_3 по супергетеродинной схеме. Он имеет только средневолновый диапазон и рассчитан на работу со штыревой антенной автомобиля. Кроме того, имеется внутренняя магнитная антенна, используемая в переносном варианте.

Для снижения искажений, возникающих из-за перегрузки входного каскада при приеме местных мощных станций, входной контур шунтируется диодом $Д_1$. На диод подается начальное запирающее напряжение с эмиттера транзистора первого каскада УПЧ. Шкала приемника освещается лампочкой K_1, которая при желании может быть выключена.

Основной частью магнитолы является усилитель на семи транзисторах T_4—T_{10}. На вход усилителя переключателем $П_3$ может быть подключен выход приемника или головка воспроизведения ($ГВ_1$ или $ГВ_2$). Магнитофон рассчитан только на воспроизведение заранее записанных фонограмм по четырем дорожкам. Поэтому в магнитофоне используется блок из двух воспроизводящих головок, которые переключаются нажатием специальной кнопки $П_2$. Необходимое изменение формы частотной характеристики усилителя достигается переключением цепочек обратной связи контактами *9—10—11* переключателя $П_3$. Регулировка громкости и тембра осуществляется при помощи переменных резисторов R_{31} и R_{27}. Оконечный усилитель мощности выполнен по схеме составных транзисторов с использованием входного и выходного трансформаторов $Тр_1$ и $Тр_2$. Температурная стабилизация режимов оконечных каскадов достигается применением терморезистора R_{40} и диода $Д_3$, установленных на радиаторе одного из оконечных транзисторов. Для уменьшения нелинейных искажений усилителя применена отрицательная обратная связь в третьем и оконечном каскадах. Коллекторные обмотки *1а—1г* выходного трансформатора $Тр_2$ при переходе с напряжения 6 на 12 *в* переключаются переключателем $П_4$ в соответствии с повышением мощности усилителя. Внутренний громкоговоритель магнитолы $Гр_1$ отключается выключателем $П_1$ (контакты *10—11—12*).

Рекомендации по замене транзисторов и диодов магнитолы TK-R15 отечественными полупроводниковыми приборами приведены в табл. 1.

Специальный держатель, находящийся под приборной доской автомашины, имеет многоштыревой разъем, который при установке в него магнитолы переключает питание с внутренней батареи на автомобильную, вход радиоприемника — с ферритовой антенны на штыревую и подключает два дополнительных громкоговорителя, устанавливаемых в автомашине. Держатель имеет также небольшое переключающее устройство, обеспечивающее работу магнитолы от авто-

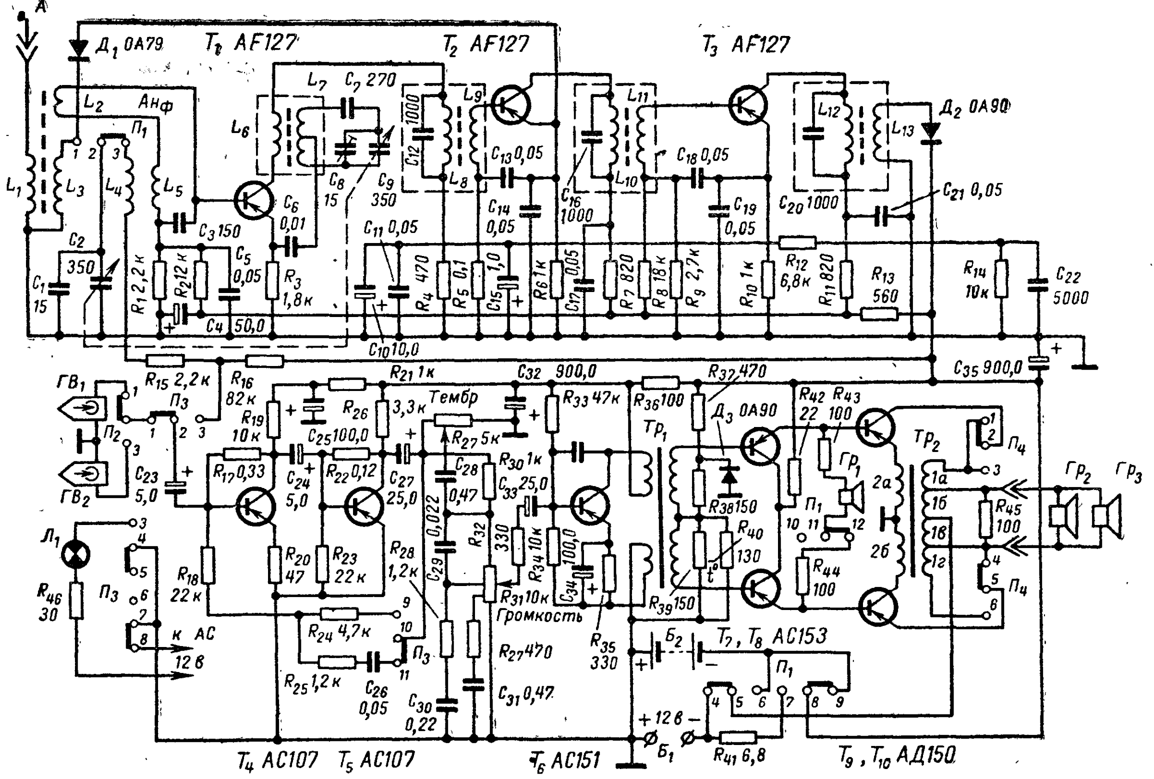


Рис. 10. Принципиальная схема магнитолы ТК-R15 (в режиме воспроизведения первой дорожки).

Таблица 1

Тип зарубежного транзистора или диода; где используется	Тип отечественного транзистора или диода
AF127 (УВЧ, УПЧ)	ГТ-309А, Б, ГТ-310Б
АС107 (предварительный каскад УНЧ)	МП-39Б
АС151, АС153 (УНЧ)	МП-40, МП-40А
АС161 (ключевой каскад)	МП-16, МП-42
АД150 (оконечный каскад УНЧ)	П-213, П-216, П-217
ОА79 (ограничитель)	Д1А, Д1Б, Д1В, Д18
ОА90 (детектор, обеспечение режима транзисторов)	Д2Б, Д2В, Д2Е

мобильных аккумуляторов с различным заземлением полюсов батареи.

Магнитофоны, используемые в автомобилях, должны иметь максимально простую систему управления. Поэтому в них часто вводятся устройства для автоматической остановки магнитофона после окончания воспроизведения (автостоп).

Автостоп, совмещенный с регулятором частоты вращения электродвигателя лентопротяжного механизма, применен и в магнитоле TK-R15 (рис. 11). В начале и в конце ленты имеются металлизиро-

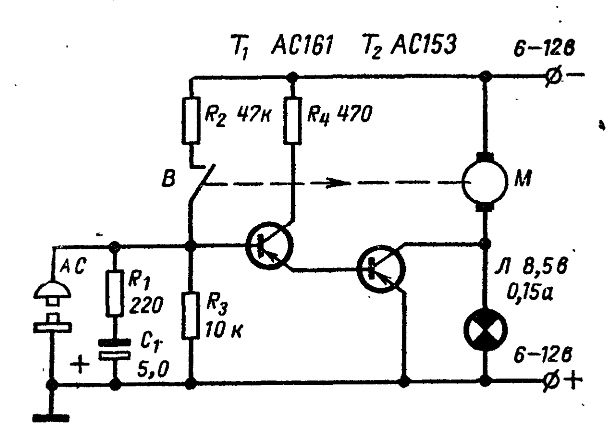


Рис. 11. Принципиальная схема автостопа и регулятора частоты вращения электродвигателя магнитолы TK-R15.

ванные ракорды для включения автостопа. Лента протягивается через специальные контакты *АС*, которые замыкаются ракордом. База транзистора T_1 при этом соединяется с корпусом. Транзистор оказывается запертым, одновременно запрется и транзистор T_2. При этом ток, протекающий через лампочку $Л_1$ и электродвигатель, будет достаточен для горения лампочки, но недостаточен для работы электродви-

гателя, и магнитофон остановится. Непрерывное горение сигнальной лампочки укажет на остановку магнитофона автостопом.

Система автоматического регулирования частоты вращения электродвигателя лентопротяжного механизма состоит из центробежного регулятора и ключевой схемы на двух транзисторах. При недостаточной частоте вращения контакты центробежного регулятора *В* замкнутся. На базу транзистора T_1 подается отрицательное смещение, и составной транзистор T_1, T_2 откроется. Ток через электродвигатель увеличится, что приведет к увеличению частоты вращения электродвигателя. При достижении номинальной частоты вращения контакты *В* разомкнутся, транзисторы T_1, T_2 запрутся и ток электродвигателя, проходивший до этого через транзистор T_2, теперь пойдет через сигнальную лампочку *Л*, имеющую значительное сопротивление (50 *ом*), что приведет к снижению частоты вращения электродвигателя. В дальнейшем цикл будет периодически повторяться.

Одновременно сигнальная лампочка позволяет судить о величине напряжения питания. При достаточном напряжении лампочка должна мигать в такт с замыканием и размыканием контактов центробежного регулятора. Погасание лампы указывает на необходимость замены батареи.

МИНИАТЮРИЗАЦИЯ РАДИОПРИЕМНИКОВ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ МИКРОСХЕМ

Для повышения качества звучания необходимо значительно усложнять используемую в автомобиле радиоэлектронную аппаратуру. Однако в кабине любого автомобиля место для размещения дополнительной аппаратуры очень ограничено. Поэтому дальнейшее совершенствование аппаратуры одновременно с усложнением ее функций, улучшением ее качественных параметров должно идти и по пути снижения ее габаритов. Снижение габаритов и массы радиоэлектронной аппаратуры с одновременным повышением ее надежности и технологичности производства возможно только на базе изделий микроэлектроники.

Основные направления. В настоящее время микроэлектроника, как в свое время транзисторная техника, привлекает большое внимание конструкторов-радиолюбителей. Дело в том, что благодаря разработке и массовому выпуску унифицированных микросхем и микроузлов появилась возможность создания электронной аппаратуры методом функционально-узловой компоновки. Это позволяет упростить и ускорить разработку и изготовление новой аппаратуры.

Изделия микроэлектроники можно разделить на микромодули, микросхемы и функциональные устройства. Микромодулями называются миниатюрные функционально законченные узлы, собираемые из отдельных микроэлементов, которые производятся специализированными заводами. В зависимости от типа конструкции микромодули делятся на плоские, этажерочные и таблеточные. Их использование является наиболее простым и относительно легко реализуемым методом микроминиатюризации, но по сравнению с микросхемами они имеют ряд недостатков, в настоящее время находят органиченное применение и считаются неперспективными.

В микросхемах комплекс отдельных конструктивно законченных деталей заменяется группой элементов, выполненных неразъемно на поверхности или в объеме материала основания. В зависимости от

технологии производства микросхемы делятся на полупроводниковые, пленочные и гибридные. Гибридные микросхемы наряду с элементами, получаемыми из основной подложки, содержат навесные микроминиатюрные элементы (транзисторы, конденсаторы).

Дальнейшее упрощение и ускорение разработки и производства радиоэлектронной аппаратуры и повышение ее надежности достигаются созданием функциональных устройств, совмещающих в себе целые тракты.

Микросхемы разрабатываются, как правило, в виде серий. Все микросхемы серии имеют однотипную конструкцию, согласованы по напряжению питания, удовлетворяют единым климатическим и механическим требованиям. Как правило, серия содержит такой набор микросхем, который позволяет построить вполне законченное радиоэлектронное устройство или отдельный тракт.

Выпускаются серии микросхем частного и широкого применения. В первом случае серия предназначена для изготовления конкретного устройства (например, радиоприемника «Микро») и выпускается по частным техническим требованиям. Микросхемы широкого применения разрабатываются для создания различных устройств, и их стремятся сделать максимально универсальными, функционально-законченными, удовлетворяющими наиболее жестким механическим и климатическим требованиям. Напряжение питания обязательно должно быть стандартизированным.

Маркировка серий и микросхем. В общем случае серия имеет четырехзначный номер, например К237. Буква К означает, что данная серия выпускается для широкого применения. Если буквы нет — серия более узкого назначения. Первая цифра указывает на технологическую разновидность микросхем серии: 1, 5, 7 — полупроводниковая, 2, 4, 6, 8 — гибридная, 3 — пленочная. Последние две цифры — порядковый номер серии.

Маркировка микросхем имеет семизначное обозначение, например К2ЖА371. Первая буква и три первые цифры совпадают с номером серии К237. Две буквы в середине номера указывают на функциональное назначение микросхемы: УС — усилитель синусоидальный, УТ — усилитель постоянного тока, УЭ — эмиттерный повторитель, ГС — генератор синусоидальный, ДА — детектор амплитудный, ДС — детектор частотный, ЖА — многофункциональные аналоговые схемы, НТ — набор транзисторов, НД — набор диодов, НС — набор резисторов, НЕ — набор конденсаторов, ПС — преобразователь частоты, ПН — преобразователь напряжения, ФП — полосовой фильтр.

Последняя цифра номера указывает на номер микросхемы в своей функциональной группе. Некоторые микросхемы имеют в конце маркировочного номера букву А, Б, В... Она означает подгруппу разбраковки данной микросхемы по определенному параметру, например по коэффициенту усиления, по коэффициенту шума. Таким образом, микросхема К2УС244А представляет собой усилитель синусоидальный серии К224, выполненный по гибридной технологии, порядковый номер микросхемы среди синусоидальных усилителей — четвертый, подгруппа А.

Внедрение микросхем в радиоэлектронные устройства выдвинуло ряд новых проблем. Как и следовало ожидать, простое копирование известных схем оказалось в ряде случаев не только нецелесообразным, но и невозможным. Остановимся на некоторых трудностях реализации аналоговых микросхем.

Не все элементы, используемые в обычной радиоэлектронной аппаратуре, удается выполнить в интегральном исполнении. К числу таких элементов относятся индуктивности, емкости больших номиналов, трансформаторы и др. Поэтому в большинстве конструкций аппаратуры на микросхемах в настоящее время используются навесные микроиндуктивности и микротрансформаторы с сердечниками из ферромагнитных материалов.

Большие трудности при разработке приемно-усилительных устройств возникают из-за сложности изготовления конденсаторов большой емкости (свыше 3 000 *пф*). Использование конденсаторов недостаточной емкости приводит к ухудшению частотных характеристик усилителей, их возбуждению, помехам по цепям питания и т. п. Для уменьшения влияния этих факторов разработчики аппаратуры вынуждены широко использовать непосредственную связь между каскадами, применять глубокую отрицательную обратную связь. Для фильтрации и развязки по цепям питания используются навесные конденсаторы.

Еще одна сложность в применении интегральных микросхем возникает из-за большого разброса параметров ее элементов. Хотя высокая точность изготовления деталей микросхемы может быть принципиально получена, но она достигается ценой резкого повышения ее стоимости, поэтому разработчики бытовой радиоаппаратуры вынуждены довольствоваться большими допусками.

Переход к интегральным микросхемам связан с значительными изменениями режимов работы всех компонентов схем. Необходимо значительно уменьшить уровни сигналов, мощности рассеивания, изменить напряжения питания.

Большие трудности при разработке и использовании микросхем возникают из-за значительной зависимости их параметров от режимов. Этот фактор усугубляется еще тем, что интегральные микросхемы широкого применения содержат только 50—60% необходимых элементов.

Отмеченные трудности иногда заставляют отказываться от «классического» решения данного каскада и идти на некоторое усложнение схемы. Например, амплитудный детектор в интегральном исполнении часто строится не на диоде, а на транзисторе с использованием дополнительного каскада эмиттерного повторителя, это позволяет уменьшить коэффициент усиления высокочастотных трактов.

Перспективным направлением можно считать использование универсальных интегральных схем типа операционного или дифференциального усилителей. Уже разработаны схемы смесителей, генераторов, детекторов на подобных интегральных схемах.

Серии интегральных схем. В настоящее время для создания радиовещательной аппаратуры широко применяются две серии интегральных микросхем широкого применения: К224 и К237. Серии существенно отличаются друг от друга количеством и функциональным назначением микросхем, конструктивным оформлением и технологией производства.

Микросхемы серии К224 представляют собой гибридные схемы, предназначенные для работы в радиовещательной и телевизионной приемно-усилительной аппаратуре. Серия К224 позволяет выполнить все узлы радиоприемника с АМ и ЧМ трактами, за исключением усилителя мощности, который выполняется на обычных дискретных элементах.

Микросхемы серии выполнены в прямоугольном металлополимерном корпусе с габаритами 22×12×4,5 *мм*. Каждая микросхема имеет девять выводов длиной 7 *мм* и рассчитана на вертикальное расположение, что создает предпосылки размещения большого количества интегральных микросхем на печатной плате малого размера.

Микросхемы изготовляют на основе толстопленочной технологии с использованием бескорпусных дискретных элементов — транзисторов и конденсаторов. Выбор толстопленочной технологии обусловлен тем, что она довольно проста, не требует дорогостоящего оборудования и больших капитальных затрат для организации массового производства микросхем.

На керамическую подложку с помощью сетчатых трафаретов наносят специальные пасты, образующие проводники и резисторы, и при температуре 400—600 °С вжигают пасты в подложку. Далее монтируют конденсаторы и транзисторы. Для крепления выводов и герметизации схем их опрессовывают пластмассой.

Микросхемы серии К224 сохраняют работоспособность при температуре окружающей среды от —30 до +50 °С, при относительной влажности воздуха до 98%. Выдерживают вибрации в диапазоне частот от 5 до 80 *гц* с ускорением до 5 *g* и многократные удары с ускорением до 15 *g*.

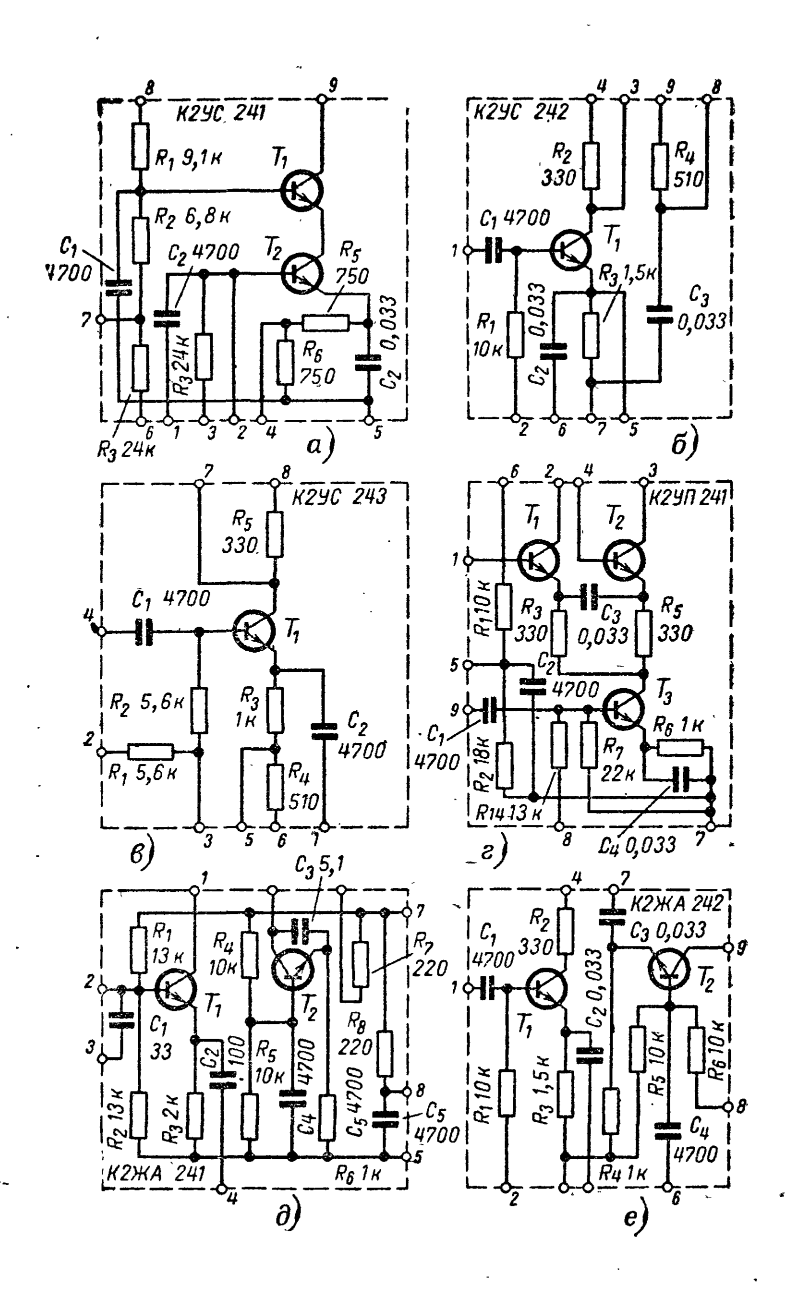
Интегральная микросхема К2УС241 предназначена для построения усилителей ВЧ и ПЧ и представляет собой каскодный усилитель (рис. 12, *а*). Усилитель рассчитан на работу в диапазоне частот от 0,15 до 110 *Мгц* при неравномерности частотной характеристики в диапазоне рабочих частот не более 12 *дб*. Крутизна вольт-амперной характеристики на частоте 10 *Мгц* не менее 25 *ма/в*, входное сопротивление не менее 150 *ом*. Напряжение питания от 5,4 до 12 *в*, потребляемый ток не более 2 *ма*.

Универсальный усилитель К2УС242, схема которого приведена на рис. 12, *б*, при добавлении ряда навесных элементов (контуров, конденсаторов) позволяет создать усилители ВЧ и ПЧ, смесители, гетеродины. Усилитель рассчитан на работу в диапазоне частот от 0,15 до 33 *Мгц* при неравномерности частотной характеристики в рабочем диапазоне частот не более 6 *дб*. Крутизна вольт-амперной характеристики на частоте 10 *Мгц* не менее 25 *ма/в*, входное сопротивление не менее 150 *ом*. Напряжение питания от 3,6 до 9 *в*, потребляемый ток не более 1,8 *ма*.

Универсальный усилитель К2УС243 имеет аналогичное назначение и параметры (рис. 12, *в*) и предназначен для работы в диапазоне 6—110 *Мгц*.

Дифференциальный усилитель К2УП241 состоит из трех транзисторов, семи резисторов и четырех конденсаторов (рис. 12, *г*) и предназначен для создания усилителей ВЧ и ПЧ, гетеродинов, смесителей. Диапазон рабочих частот 0,15—110 *Мгц* при неравномерности частотной характеристики не более 12 *дб*, крутизна не менее 4 *ма/в*, входное сопротивление не менее 200 *ом*. Микросхема может работать при напряжениях питания от 5,4 до 9 *в*, потребляемый ток не более 1,6 *ма*.

Интегральная микросхема К2ЖА241 (рис. 12, *д*) предназначена для создания смесителя и гетеродина тракта ЧМ. Диапазон рабочих частот гетеродина 65—120 *Мгц*, смесителя 10—110 *Мгц*. Крутизна вольт-амперной характеристики на частоте 10 *Мгц* не менее 4 *ма/в*, входное сопротивление не менее 150 *ом*. Напряжение питания 4 *в*; потребляемый ток не более 3 *ма*.



К2УС 241
R1 9,1к
T1
R2 6,8к
C1 4700
C2 4700
T2
R5 750
R6 750
R3 24к
C2 0,033
а)
К2УС 242
R2 330
R4 510
C1 4700
T1
R3 1,5к
R1 10к
C2 0,033
C3 0,033
б)
К2УС 243
R5 330
C1 4700
T1
R2 5,6к
R1 5,6к
R3 1к
R4 510
C2 4700
в)
К2УП 241
T1
T2
R1 10к
R3 330
C3 0,033
R5 330
C2 4700
T3
C1 4700
R2 18к
R6 1к
R7 22к
R4 13к
C4 0,033
г)
C3 5,1
R1 13к
R4 10к
T2
R7 220
T1
C1 33
C2 100
R5 10к
C4 4700
R8 220
C5 4700
R2 13к
R3 2к
К2ЖА 241
R6 1к
д)
R2 330
К2ЖА 242
C3 0,033
C1 4700
T1
C2 0,033
T2
R1 10к
R3 1,5к
R5 10к
R6 10к
C4 4700
R4 1к
е)

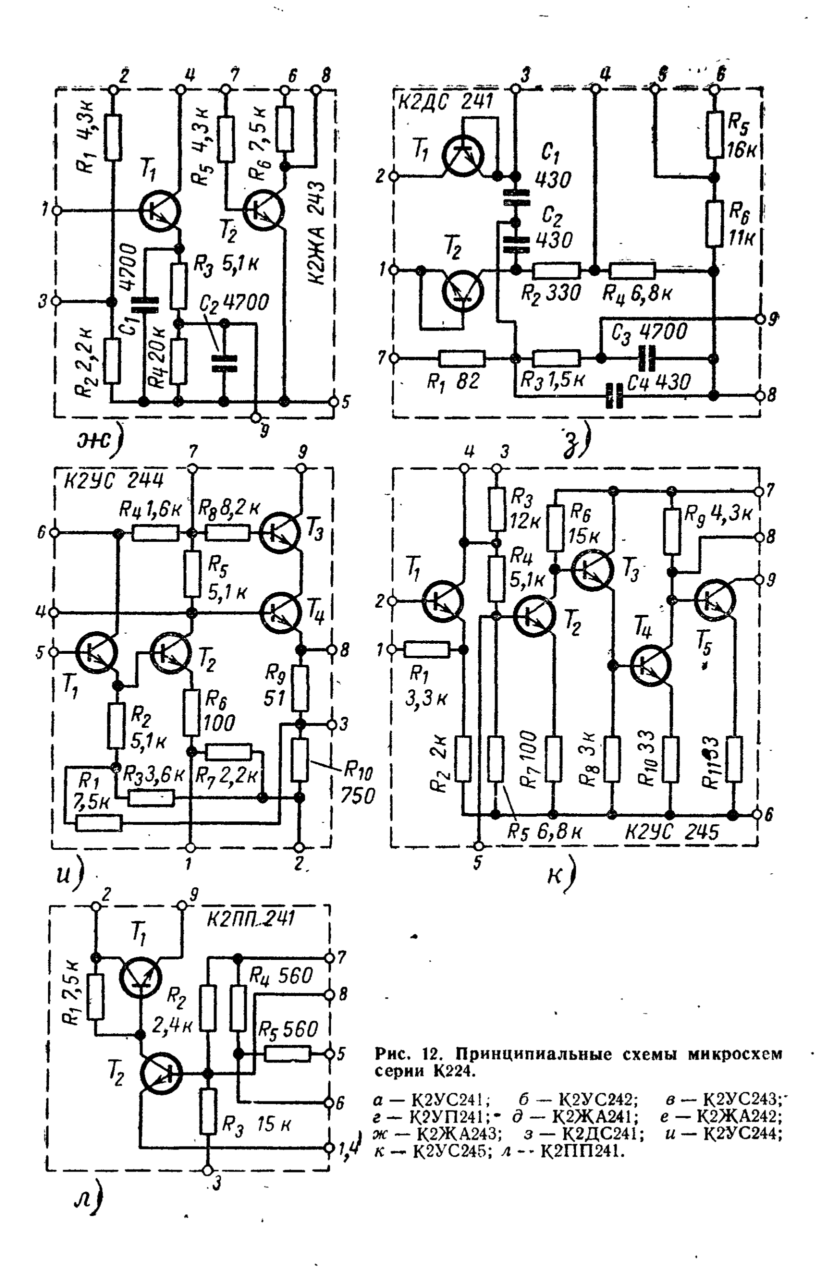


Рис. 12. Принципиальные схемы микросхем серии К224.

а — К2УС241; *б* — К2УС242; *в* — К2УС243; *г* — К2УП241; *д* — К2ЖА241; *е* — К2ЖА242; *ж* — К2ЖА243; *з* — К2ДС241; *и* — К2УС244; *к* — К2УС245; *л* — К2ПП241.

Преобразователь частоты К2ЖА242 (рис. 12, *е*) предназначен для создания смесителя и гетеродина тракта АМ в диапазоне частот 0,15—30 *Мгц*. Крутизна вольт-амперной характеристики смесителя на частоте 10 *Мгц* не менее 18 *ма/в*, входное сопротивление — не менее 150 *ом*. Крутизна вольт-амперной характеристики гетеродина не менее 14 *ма/в* на частоте 10 *Мгц*. Напряжение питания смесительного каскада от 3,6 до 9 *в*, гетеродинного каскада 4 *в*, потребляемый ток не более 3,8 *ма*.

Интегральная микросхема К2ЖА243 (рис. 12, *ж*) позволяет создавать детекторы амплитудно-модулированных сигналов, детекторы АРУ и усилители системы АРУ. Детекторы рассчитаны для работы на промежуточной частоте 465 *кгц* и обеспечивают при сопротивлении нагрузки 20 *ком* коэффициент передачи не менее 0,4 при коэффициенте нелинейных искажений не более 3%. Напряжение АРУ изменяется от 1,8 до 1 *в* при изменении входного напряжения от 0 до 1 *в* при сопротивлении нагрузки 20 *ком*. Входное сопротивление детекторов и усилителя не менее 500 *ом*. Напряжение питания 3 *в*, потребляемый ток 1,2 *ма*.

Детектор частотно-модулированных сигналов К2ДС241 (рис. 12, *з*) предназначен для работы в диапазоне частот от 5 до 20 *Мгц*. Коэффициент передачи при нагрузке 20 *ком* не менее 0,15.

В серии имеются два усилителя низкой частоты. Микросхема К2УС244 (рис. 12, *и*) предназначена для создания предварительного усилителя низкой частоты, работающего на согласующий трансформатор. Усилитель имеет коэффициент усиления по напряжению на частоте 1 *кгц* не менее 25 при коэффициенте нелинейных искажений не более 5%. В диапазоне рабочих частот 80—20 000 *гц* неравномерность частотной характеристики не более 3 *дб*. Напряжение питания от 5,4 до 9 *в*, потребляемый ток не более 5 *ма*.

Микросхема К2УС245 (рис. 12, *к*) предназначена для создания предварительного усилителя низкой частоты, работающего совместно с бестрансформаторным усилителем мощности. Усилитель имеет коэффициент усиления не менее 150 при коэффициенте нелинейных искажений не более 3% и напряжении питания 12 *в*. При совместной работе с бестрансформаторным усилителем мощности и при сопротивлении нагрузки 4 *ом* номинальная выходная мощность не менее 2 *вт*, максимальная — не менее 3 *вт* при коэффициенте нелинейных искажений не более 1 и 10% соответственно. Диапазон рабочих частот 80—20 000 *гц* при неравномерности частотной характеристики не более 1 *дб*. Входное сопротивление схемы не менее 15 *ком*.

Интегральная микросхема К2ПП241 (рис. 12, *л*) предназначена для создания маломощных стабилизаторов напряжения. Входное напряжение от 5,4 до 12 *в*, коэффициент стабилизации не менее 5. Стабилизированное напряжение в пределах 3,3—3,9 *в* в зависимости от типа внешнего опорного элемента. Ток нагрузки не более 5 *ма*.

Таким образом, каждая микросхема серии К224 охватывает один каскад радиоприемника, что обеспечивает более гибкое их использование. В то же время степень интеграции невелика, что увеличивает число внешних соединений и понижает общую надежность.

На интегральных микросхемах серии К224 создан автомобильно-переносный радиоприемник II класса «Урал-авто-202». Структурная схема радиоприемника приведена на рис. 13. Радиоприемник обеспечивает прием радиостанций с амплитудной модуляцией в диапазонах ДВ и СВ и радиостанций с частотной модуляцией в диапазоне УКВ. Он выполнен по супергетеродинной схеме с одним преоб-

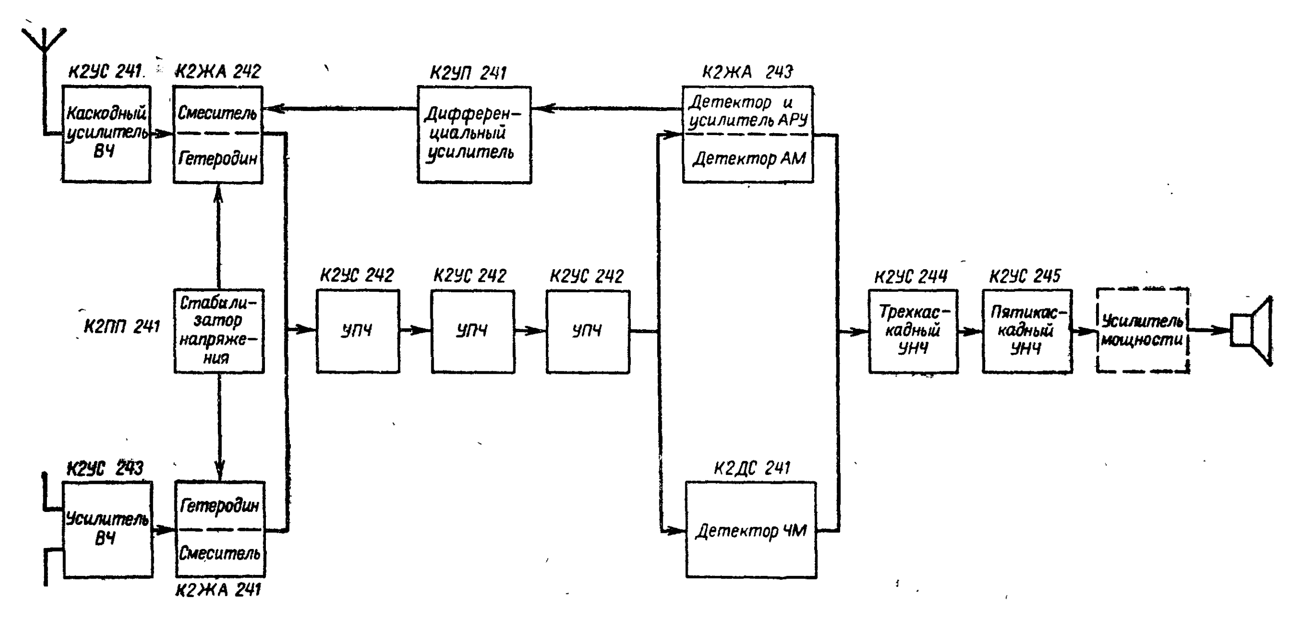


Рис. 13. Структурная схема автомобильно-переносного радиоприемника «Урал-авто-202» на микросхемах серии К224.

разователем частоты. Электрические параметры такие же, как у радиоприемника «Урал-авто», но габариты значительно меньше: 195×150×60 вместо 290×190×120 *мм*, масса в 2 раза меньше. В переносном варианте добавляется небольшая приставка с четырьмя элементами типа «343». По аналогичной схеме разработан переносный радиоприемник III класса «Урал-301».

Микросхемы серии К237 представляют собой гибридные микросхемы, предназначенные для работы в радиовещательной и другой приемно-усилительной аппаратуре.

Все микросхемы серии изготовлены на основе тонкопленочной технологии с использованием дискретных элементов — транзисторов.

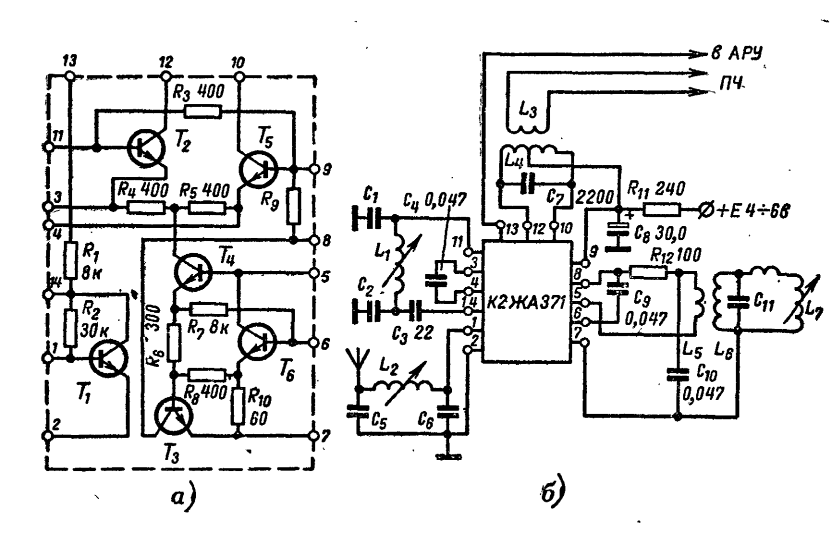


Рис. 14. Микросхема К2ЖА371.

а — принципиальная схема; *б* — схема построения высокочастотного блока.

Конденсаторов в микросхемах нет. Схемы выполнены в прямоугольных пластмассовых корпусах с 14 штырьковыми выводами. Габариты микросхем 19,5×9,5×4,2 *мм*, масса не более 3,0 *г*. Интегральные микросхемы данной серии имеют более высокую степень интеграции, чем микросхемы серии К224.

Гибридные микросхемы серии К237 сохраняют работоспособность при температуре окружающей среды от —30 до +70° С при относительной влажности воздуха до 98%. Выдерживают вибрации в диапазоне частот от 5 до 600 *гц* с ускорением до 5 *g* и многократные удары с ускорением до 15 *g*.

Микросхема К2ЖА371 предназначена для создания усилителя высокой частоты, смесителя и гетеродина тракта амплитудно-модулированных сигналов. Ее электрические параметры следующие: напряжение питания от 3,6 до 6 *в*; потребляемый ток не более 3 *ма*; коэффициент усиления в режиме преобразования 100—250; коэффициент

шума в режиме преобразования не более 6 *дб*; напряжение гетеродина на частоте 15 *Мгц* 300—450 *мв*; уменьшение усиления в режиме преобразования на частоте 15 *Мгц* по отношению к усилению на частоте 150 *кгц* не более 5 *дб*.

Принципиальная схема К2ЖА371 и высокочастотного блока, построенного на этой микросхеме, приведена на рис. 14. Микросхема содержит шесть транзисторов и 10 резисторов. Усилитель высокой частоты выполнен на транзисторе T_1. Усилитель имеет параллельное питание по постоянному току, что обусловлено используемой схемой автоматической регулировки усиления по коллектору и базе транзистора T_1. Для обеспечения высоких требований по реальной чувствительности и избирательности по зеркальному каналу входной

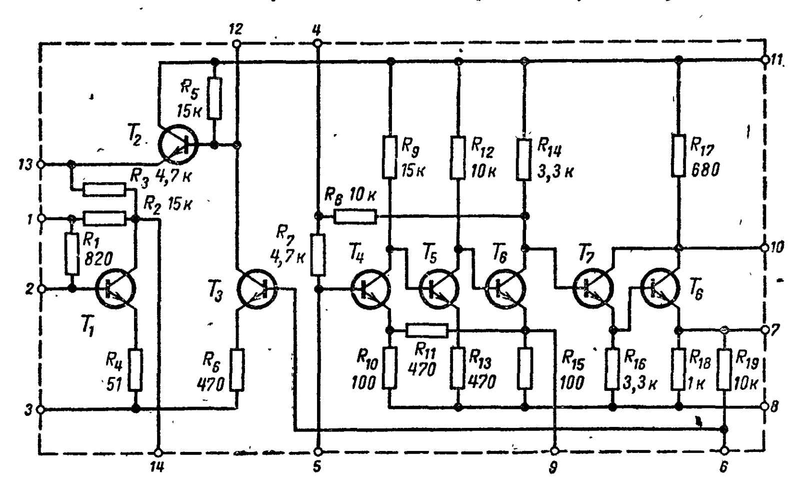


Рис. 15. Микросхема К2ЖА372.

контур и контур УВЧ сделаны перестраиваемыми. Перестройка осуществляется при помощи ферроиндуктора, так как из-за большой емкости штыревой антенны автомобиля не удается получить необходимый коэффициент перекрытия по частоте при использовании конденсаторов переменной емкости. Связь контура УВЧ с транзистором выбирается слабой, а резонансное сопротивление контура — сравнительно низким, так как внутреннее сопротивление транзистора мало. Общее усиление каскада при этом незначительно и равно 3—5.

Балансный смеситель выполнен на транзисторах T_2 и T_5 и имеет симметричный выход. Нагрузкой смесителя обычно является пьезокерамический фильтр. Сопротивление резистора R_9 равно 4 *ком*.

Схема гетеродина содержит три транзистора. Такая схема выбрана по двум причинам. Во-первых, для ослабления влияния смесителя на частоту гетеродина напряжение гетеродина подается в цепи эмиттеров транзисторов T_2 и T_5. Во-вторых, в связи с индуктивной перестройкой для диапазонов ДВ и СВ используется одна и та же катушка ферровариометра, а переключается емкость контура. Это

приводит к резкому изменению волнового сопротивления контура и неустойчивой генерации в обычных схемах. Вывод 7 микросхемы необходимо соединить с корпусом.

Микросхема К2ЖА372 (рис. 15) содержит восемь транзисторов и 19 резисторов и предназначена для создания усилителя промежуточной частоты, амплитудного детектора сигнала и АРУ, усилителя АРУ. Ее электрические параметры следующие: напряжение питания от 3,6 до 6 *в*; потребляемый ток не более 4 *ма*; входное сопротивление 430—1 000 *ом*; коэффициент нелинейных искажений выходного напряжения детектора не более 3%; изменение выходного напряжения НЧ детектора при изменении напряжения на входе усилителя ПЧ от 50 до 3 000 *мкв* не более 6 *дб*.

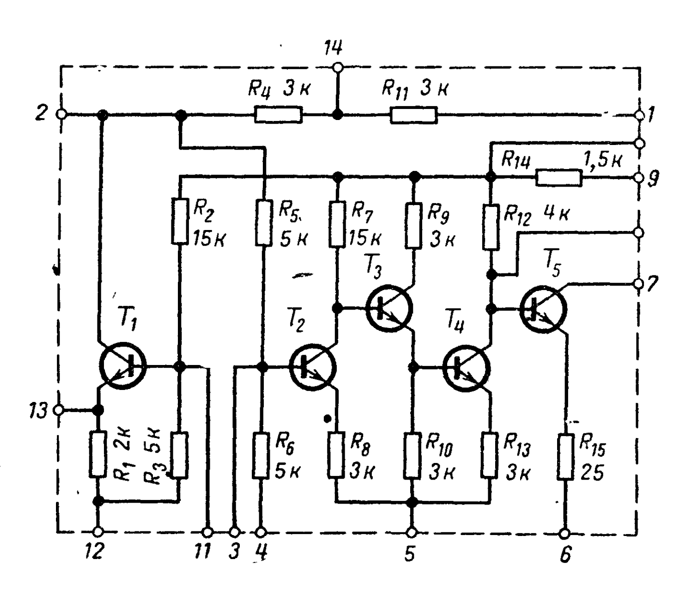


Рис. 16. Микросхема К2УС371.

Широкополосный пятикаскадный УПЧ выполнен на транзисторах T_1, T_4—T_7, детектор амплитудно-модулированных сигналов и детектор АРУ выполнены на транзисторе T_8. Обычно к выходу микросхемы подключается П-образный *RC*-фильтр для обеспечения определенной величины емкости в цепи нагрузки детектора и фильтрации напряжения промежуточной частоты. Усилитель напряжения АРУ выполнен на транзисторах T_2 и T_3. Через усилитель АРУ обеспечивается питание коллекторных и базовых цепей транзистора T_1 первого каскада УПЧ.

Внешние цепи микросхемы показаны далее на схеме автомобильного радиоприемника А-372.

Микросхема К2УС371 предназначена для построения предварительных усилителей низкой частоты. Ее основные параметры: номи-

нальное выходное напряжение 1,8 *в*; номинальное входное напряжение 15—30 *мв*; напряжение питания от 5,6 до 10 *в*; ток покоя не более 5 *ма*; коэффициент нелинейных искажений не более 0,3%; максимальное выходное напряжение 2,2 *в*; диапазон рабочих частот (при неравномерности 6 *дб*) 60—10 000 *гц*.

Микросхема содержит пять транзисторов и 15 резисторов (рис. 16). На транзисторе T_1 выполнен эмиттерный повторитель, к нагрузке которого (выход 13) может быть подключен магнитофон или внешний усилитель. Четырехкаскадный УНЧ выполнен на транзисторах T_2—T_5 и рассчитан на работу с бестрансформаторными усилителями мощности, работающими в режиме класса В. На микросхеме К2УС371 построен усилитель низкой частоты радиоприемника А-372.

В целом микросхемы серии К237 позволяют создавать автомобильные радиоприемники II и III классов, имеющие повышенные потребительские качества.

При использовании микросхем общее количество элементов, применяемых в радиоприемнике, снижается на 25—30%, хотя количество транзисторов возрастает (радиоприемник А-370 имеет восемь транзисторов, а приемник А-372, выполненный на микросхемах, 23 транзистора). Количество навесных внешних элементов около 55%, причем только мощный УНЧ занимает около 15% полезного объема радиоприемника. При конструировании радиоприемников следует учитывать, что напряжение питания микросхем обычно ниже напряжения бортсети автомобиля и что напряжение бортсети может меняться в широких пределах (11,8—14,8 *в*).

Другие микросхемы. Выпускается целый ряд других серий микросхем, предназначенных для создания различной радиовещательной, телевизионной и другой приемно-усилительной аппаратуры. Некоторые микросхемы имеют довольно большую степень интеграции. Так, микросхема К1УС731 содержит 15 транзисторов и 17 резисторов и по габаритам значительно меньше корпуса низкочастотного транзистора малой мощности (например, МП-13, МП-15, МП-40 и др.).

Широкое распространение среди радиолюбителей получили микросхемы УП1-1 и УП2-1. Они имеют значительно большие габариты, но удобны для построения любительских УНЧ, магнитофонных усилителей, звуковых генераторов и других низкочастотных устройств.

Блок-переходник УП1-1 используется во входных каскадах, так как в его первом каскаде установлен малошумящий транзистор. Напряжение питания 7,5—12 *в*, коэффициент усиления по напряжению 55—95, выходное сопротивление не более 1 *ком*. Микросхема содержит два транзистора и пять резисторов. Габариты 43×14×23 *мм*, масса 30 *г*.

Блок-переходник УП2-1 предназначен для создания предварительных УНЧ с частотой до 12 500 *гц* и максимальным выходным напряжением 1 *в*. Он содержит три транзистора, семь резисторов, один конденсатор и обеспечивает коэффициент усиления до 950 при напряжении питания от 9 до 13,5 *в*. Входное сопротивление не менее 3 *ком*, выходное — не более 0,3 *ком*. Габариты 52×14×23 *мм*, масса 40 *г*.

Рекомендации по монтажу. При работе с микросхемами следует придерживаться следующих правил. Монтажные соединения должны иметь минимальную длину, соединение выводов микросхемы с «земляной» шиной нужно производить в непосредственной близости от микросхемы. Входные и выходные цепи должны быть тщательно экранированы от электрических и магнитных полей и разнесены друг

от друга. Монтаж должен быть выполнен таким образом, чтобы площадь петель, образованных входными и выходными токами микросхемы, была минимальной.

При монтаже микросхемы следует устанавливать на печатной плате с зазором 1—2 *мм*. Пайку выводов производить паяльником мощностью не более 60 *вт* в течение 3—6 *сек* припоем ПОС-61. Выпаивать микросхему можно только специальным паяльником с групповой насадкой, обеспечивающей равномерный одновременный прогрев всех выводов.

Перспективные автомобильные радиоприемники. Все перспективные автомобильные радиоприемники разрабатываются на интегральных схемах.

Вместо радиоприемника III класса А-370 разработан радиоприемник А-372 на интегральных схемах серии К237. Он предназначен для установки в автомобиле ВАЗ-2101 «Жигули». Для автомобилей «Москвич-412» выпускается радиоприемник А-372М, отличающийся длиной соединительных проводов и размерами фронтальной панели громкоговорителя.

Радиоприемник работает в диапазонах ДВ, СВ и хотя имеет основные технические параметры, примерно одинаковые с А-370, но за счет использования глубокой АРУ, нового УНЧ, громкоговорителя 4ГД-8Е обеспечивает лучшее качество звучания. Радиоприемник имеет малые габариты, массу, меньшее потребление энергии.

Основные технические данные: чувствительность в диапазоне ДВ 150—200 *мкв*, в диапазоне СВ 30—50 *мкв*; избирательность по соседнему каналу 60—80 *дб*; избирательность по зеркальному каналу 34 *дб*; номинальная выходная мощность 2, максимальная — 2,5 *вт*; коэффициент нелинейных искажений не более 5%; полоса эффективно воспроизводимых частот 125—4 000 *гц* при неравномерности около 11 *дб*; питание от бортовой сети напряжением 12,8 *в*; потребляемая мощность 5 *вт*; габариты 150×92×40 *мм*; масса 0,75 *кг*.

Принципиальная схема радиоприемника приведена на рис. 17. В радиоприемнике использованы три микросхемы из серии К237. Перестройка в диапазоне индуктивная, с помощью трехсекционного ферроиндуктора. Для повышения избирательности по зеркальному каналу, по промежуточной частоте, а также уменьшения влияния близкорасположенных по частоте радиостанций применены перестраиваемые контуры во входной цепи и УВЧ. Для обеспечения избирательности по соседнему каналу на выходе преобразователя включен пьезокерамический фильтр ПФ1П-2. Для сужения полосы пропускания УПЧ на микросхеме К2ЖА372 с целью исключения возбуждения используется дополнительный контур $L_{13}C_{22}$.

Приемник имеет эффективную систему АРУ, которая благодаря большому общему коэффициенту усиления трактов ВЧ и ПЧ начинает действовать при сигнале, лишь незначительно превышающем уровень реальной чувствительности. Так, при изменении входного сигнала от 250 до 5 000 *мкв* напряжение на выходе детектора изменяется не более чем на 3 *дб*. В результате при сигнале, равном реальной чувствительности, радиоприемник имеет на выходе номинальную мощность и как потребительский параметр равную громкость различных станций, а также равную громкость при изменении напряженности поля во время движения автомобиля.

Другой важной особенностью данного радиоприемника является наличие глубоких отрицательных обратных связей почти во всех каскадах радиоприемника. Например, напряжение с выхода УНЧ

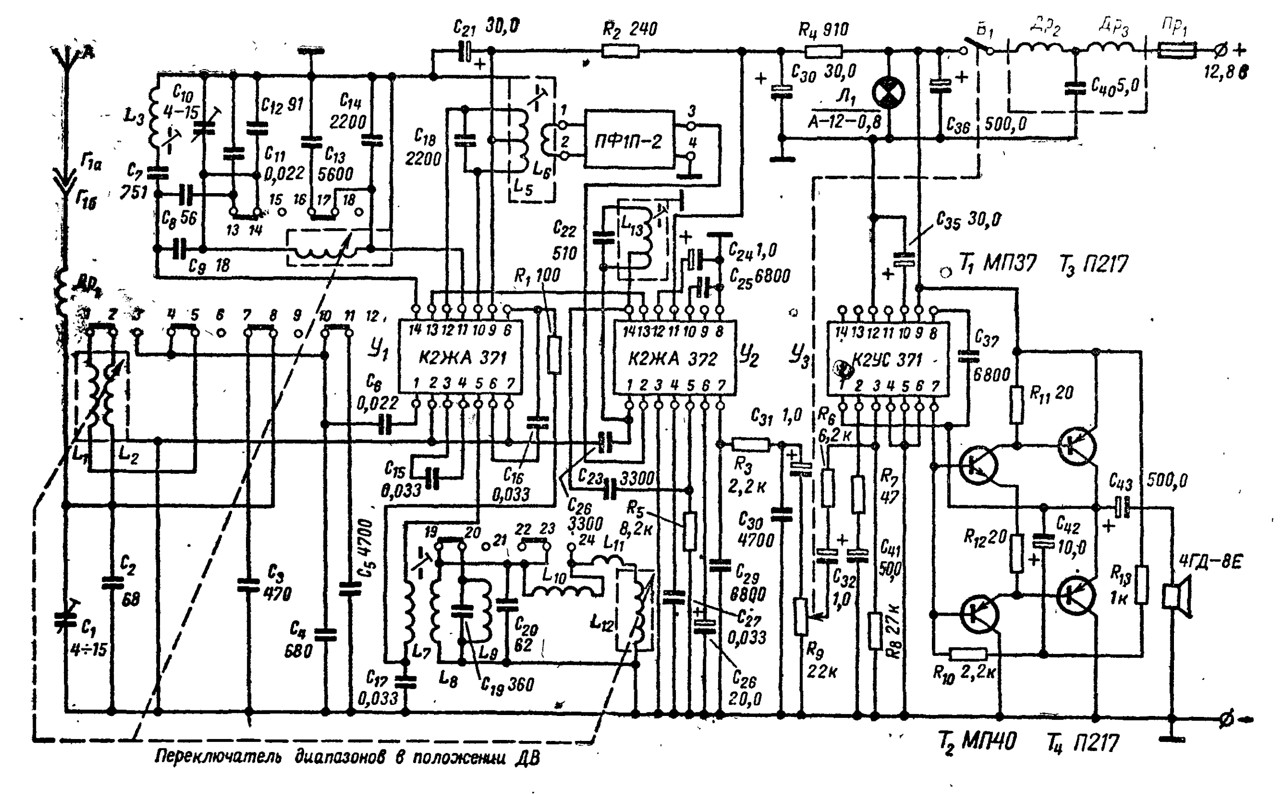


Рис. 17. Принципиальная схема радиоприемника III класса А-372 на микросхемах.

подается в микросхему К2УС371 для создания отрицательной обратной связи около 30 *дб*, что обеспечивает высокое качество звучания приемника при номинальной мощности. При такой глубокой связи отсутствуют искажения типа «ступенька», которые характерны для обычных схем усилителей, работающих в режиме класса В.

Диапазон ручной регулировки громкости 50 *дб*. Радиоприемник рассчитан на работу с громкоговорителем 4ГД-8Е, имеющим повышенную отдачу и хорошие акустические данные. Работоспособность радиоприемника сохраняется при изменении питающего напряжения ±15% от номинального значения.

Планируется выпуск в ближайшее время на микросхемах автомобильного радиоприемника III класса А-375 с УКВ диапазоном

Для замены автомобильного радиоприемника АТ-66 разработан радиоприемник А-271 II класса на интегральных микросхемах. Он предназначен для автомобилей ГАЗ-24 «Волга» и ВАЗ-2103. Радиоприемник рассчитан на работу в ДВ, СВ и УКВ диапазонах и обеспечивает эффективное воспроизведение частот в диапазоне 125—4 000 *гц* при амплитудной модуляции и 125—7 100 *гц* при частотной модуляции. Имеются кнопки фиксированной настройки на станции (ДВ — две кнопки, СВ — одна кнопка, УКВ — две кнопки). Номинальная выходная мощность 2,5 *вт*, максимальная — 4 *вт*. Акустическая система состоит из одного громкоговорителя 4ГД-8Е, размещенного на фронтальной панели размером 125×200 *мм*. Питание от бортовой сети автомобиля 12,8 *в*. Габариты радиоприемника 187×54×190 *мм*. Масса 1,8 *кг*.

Основные параметры автомобильных радиоприемников

Параметры	АТ-64	АТ-66	АВ-68	«Турист»	«Урал-авто» (автомобильный вариант)	«Урал-авто» (переносный)	А-370
Диапазоны	ДВ, СВ	ДВ, СВ, УКВ	ДВ, СВ, КВ, УКВ	ДВ, СВ, УКВ	ДВ, СВ, КВ, УКВ	ДВ, СВ, КВ, УКВ	ДВ, СВ
Количество транзисторов	11	13	31	16	19	17	8
Чувствительность, *мкв*:							
на ДВ	200	150	80	150	150	2500	250
на СВ	60	50	15	50	50	1000	75
на КВ	—	—	15	—	50	150	—
на УКВ	—	5	2,0	5,0	5,0	20	—
Избирательность, *дб*:							
по соседнему каналу	30	34	40—46	34	—	—	30
по зеркальному каналу	40	40	60	40	22—32	—	40
Полоса воспроизводимых частот, *гц*:							
тракта АМ	120—4000	120—4000	60—7000	80—8000	100—4000	100—4000	150—3500
тракта ЧМ	—	120—8000	60—12 000	80—8000	100—8000	100—8000	—

Продолжение приложения

Параметры	АТ-64	АТ-66	АВ-68	«Турист»	«Урал-авто» (автомобильный вариант)	«Урал-авто» (переносный)	А-370
Неравномерность частотной характеристики, *дб*	10	14	14	3	15	13	11
Выходная мощность, *ва*:							
номинальная	2,0	3,0	2×4,0	5,0	2,0	0,25	2,0
максимальная	2,5	4,0	2×7,0	7,0	4,5	0,35	2,7
Нелинейные искажения при номинальной мощности, %	6	7	5	5	—	—	—
Тип громкоговорителя	2ГД-28 или 2ГД-19М	3ГД-28 или 4ГД-8	6ГД-3	7×1ГД-28	2ГД-19М или 4ГД-8	0,5ГД-21	4ГД-8
Габариты, *мм*	200×131×77	211×88×143	317×250×143	270×247×120	290×190×120	250×160×75	172×94×39
Масса, *кг*	2,15	3,5	6,2	4,2	4,0	3,2	0,95
Потребляемая мощность, *вт*	6,0	10	20	18	6,0	0,4	8,0
Марка автомобиля, на котором устанавливается	«Москвич-408»	«Волга», ГАЗ-21 и ГАЗ-24	ЗИЛ-114, «Чайка» ГАЗ-14	Междугородные автобусы	Любой марки	—	ВАЗ-2101 «Москвич-412»

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Крыжановский В. Д.** Радиоприем на автомобиле. М., Воениздат, 1951, 179 с.

2. **Чистяков Н. И., Хлытчиев С. М., Малочинский О. М.** Радиосвязь и радиовещание. М., «Связь», 1968, 482 с.

3. **Радиоприемные** схемы на полупроводниковых приборах. Под ред. Р. А. Валитова, А. А. Куликовского. М., «Советское радио», 1968, 384 с.

4. **Борноволоков Э. П.** Устранение радиопомех от двигателей внутреннего сгорания. — «Радио», 1959, № 8, с. 32—33.

5. **Мальтинский А. Н.** Разработка тракта ЧМ автомобильного приемника с повышенной помехоустойчивостью. — «Вопросы радиоэлектроники. Техника радиовещательного приема и акустики», 1969, вып. 2, с. 38—47.

6. **Эфрусси М. М.** Громкоговорители и их применение. М., «Энергия», 1971, 96 с.

7. **Курбатов Н. В., Яновский Е. Б.** Справочник по магнитофонам. М., «Энергия», 1970, 186 с.

8. **Савостьянов Э. В., Круглов В. В., Баранов В. А.** Микросхемы для радиовещательных приемников. — «Радио», 1972, № 3, с. 54—56.

9. **Подольский А. Г., Кочан В. М.** Автомобильный приемник на интегральных схемах. — «Вопросы радиоэлектроники. Техника радиовещательного приема и акустики», 1971, вып. 2, с. 40—46.

10. **Нагаев В., Найман М.** Радиоприемник «Урал-301». — «Радио», 1972, № 10, с. 35—37.

11. **Гаврилов С. Н., Никулин С. М.** Микроэлектроника. М., «Энергия», 1970, 74 с.

12. **Гендин Г. С.** Высококачественные любительские усилители низкой частоты. М., «Энергия», 1971, 112 с.

13. **Козюренко Ю. И.** Искусственная реверберация. М., «Энергия», 1970, 80 с.

14. **Волин М. Л.** Паразитные связи и наводки. М., «Советское радио», 1965.

15. **Ковалев В. Г.** Электронные регуляторы напряжения для автомобилей. М., «Энергия», 1971, 48 с.

16. **Ильин Н. М.** Электрооборудование автомобилей. М., «Транспорт», 1968, 264 с.

17. Справочник по полупроводниковым диодам, транзисторам и интегральным схемам. Изд. 3-е. Под ред. Н. Н. Горюнова. М., «Энергия», 1972, 568 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ